



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

OBJETIVOS
DE DESARROLLO
SOSTENIBLE

2030/ Alimentación, agricultura y desarrollo rural
en América Latina y el Caribe

Documento nº 10

Situación rural de América Latina y el Caribe con 2 grados de calentamiento

2030/ Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe

Documento nº 10

Situación rural de América Latina y el Caribe con 2 grados de calentamiento

*Andy Jarvis, Ana Maria Loboguerrero, Deissy Martinez-Baron,
Steve Prager, Julian Ramirez Villegas, Anton Eitzinger, Lorna Born,
Carlos Gonzalez, Jaime Tarapues*

Cita requerida:

Jarvis, A., Loboguerrero, A., Martínez-Baron, D., Prager, S., Ramírez Villegas, J., Eitzinger, A., Born, L., Gonzalez, C., Tarapues, J. 2019. *Situación rural de América Latina y el Caribe con 2 grados de calentamiento. 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe*, No. 10. Santiago de Chile. FAO. 41 p.

Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

En el marco de la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, esta serie tiene el propósito de promover un amplio diálogo e intercambio de ideas sobre el desarrollo sostenible e incluyente de la alimentación, la agricultura y las sociedades rurales.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

© FAO, 2019



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en español será el texto autorizado”.

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de la portada y contraportada: ©FAO

1. ¿Por qué 2 grados?

El Acuerdo de París, en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuenta con dos objetivos principales de protección climática: “man-tener el aumento de la temperatura muy por debajo de los 2 °C e impulsar los esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 grados” (COP21). La primera cuestión importante que hay que abordar es si los compromisos actuales, adquiridos por las partes de la CMNUCC a través de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, sus siglas en inglés), pueden verdaderamente lograr las metas propuestas en el Acuerdo de París (Schleussner *et al.*, 2016; Rogelj *et al.*, 2016). Por ejemplo, Rogelj *et al.* (2016) indican que con el fin de mantener el calentamiento global “muy por debajo de los 2 °C, se estima que se requerirá una reducción adicional de las emisiones del 15 al 20%”. Asimismo, varios artículos (Schleussner *et al.*, 2016, 2018), incluido el último Informe Especial sobre 1,5 °C de Calentamiento Global del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, sus siglas en inglés) (Rogelj *et al.*, 2018), señalan que es muy poco probable que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan al ritmo y volumen necesario para mantener la temperatura por debajo de los 2 °C; mucho menos por debajo de 1,5 °C. Por tanto, este es un nivel de calentamiento que tiene muchas probabilidades de darse de aquí al año 2030 (Alfieri *et al.*, 2017).

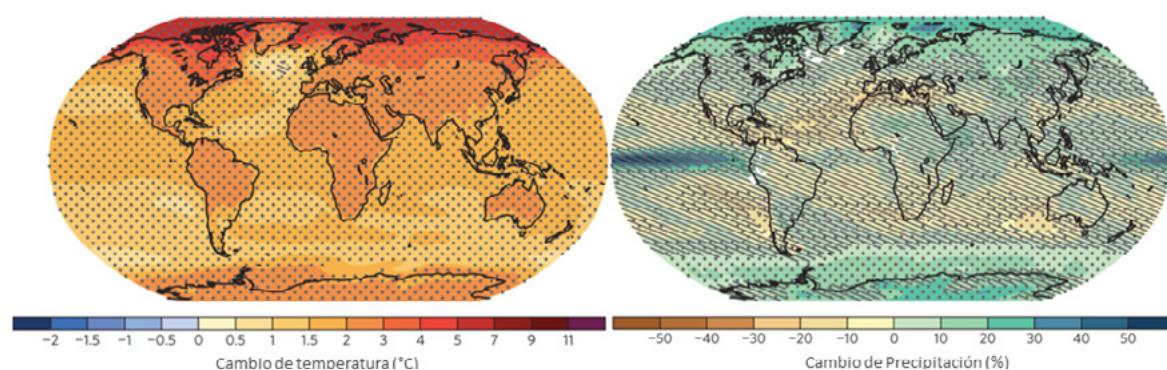
Aunque aún quedan preguntas importantes por responder con respeto a nuestra capacidad de alcanzar las metas planteadas en el Acuerdo de París sobre Calentamiento Global, una de las principales consecuencias de dicho acuerdo es que los 2 °C (habitualmente medidos sobre niveles preindustriales) se perciben e incluso se aceptan como un calentamiento global relativamente seguro, en términos de impactos y adaptación. Varios estudios han evaluado los impactos en el ámbito mundial de un calentamiento global de 2 °C y prevén grandes riesgos si la temperatura media mundial alcanza a subir 2 °C (Huang *et al.*, 2017; Lehner *et al.*, 2017; Harrington *et al.*, 2018). Además, en la actualidad, existe cada vez más evidencia de que, en el ámbito mundial, existen diferencias importantes entre los escenarios con un aumento de 1,5 °C y 2 °C, tal como lo resume el Informe Especial más reciente del IPCC sobre 1,5 °C de Calentamiento Global (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2018). No obstante, los cambios mundiales promedio son menores que los cambios regionales esperados en la mayoría de la superficie terrestre y, por tanto, las consecuencias tienden a subestimarse en el plano regional (Seneviratne *et al.*, 2016). El compendio de conocimientos sobre la evidencia existente acerca de los impactos y adaptación a escala regional y, específicamente para América Latina y el Caribe, es muy limitado.

Por ello, enfocamos nuestra visión en las consecuencias de un aumento de temperatura de 2 °C en los medios de subsistencia de las áreas rurales de América Latina y el Caribe. Empleamos una combinación de análisis de datos originales y revisión de literatura. En primer lugar, hacemos una revisión de los escenarios climáticos con un incremento de 2 °C de la temperatura mundial por encima de niveles preindustriales, así como las consecuencias de dichos cambios en la productividad de la producción agrícola, pecuaria y pesquera. Luego nos centramos en las repercusiones principales que tendría un mundo 2 °C más caluroso sobre el contexto sociopolítico y los medios de subsistencia en el área rural. Por último, examinamos políticas, tecnologías y enfoques integrales para el desarrollo rural.

2. Escenarios climáticos para América Latina y el Caribe: ¿qué implican los 2 °C?

Con el fin de comprender a plenitud qué implican 2 °C para América Latina y el Caribe, las proyecciones se pueden analizar de dos maneras diferentes, aunque relacionadas. En primer lugar, comprendiendo la magnitud de los cambios que se proyectan en cuanto a temperatura, precipitación pluvial y otras variables climáticas al momento en que el incremento de la temperatura mundial sobrepase los 2 °C. Para América Latina y el Caribe, un aumento de 2 °C en la temperatura mundial indica incrementos generalmente entre 2 y 3 °C (Figura 1). En América Latina y el Caribe, los cambios también varían por subregión, a veces de manera sustancial. En América Central, los cambios en la temperatura media son de 2,2 °C, en tanto las proyecciones para la región amazónica indican un aumento de 2,6 °C (Knutti *et al.*, 2016). El noreste de Brasil, el sur de Sudamérica y la costa oeste de Sudamérica muestran un aumento de 2,1, 2,3 y 2,2 °C, respectivamente (Figura 2a). Los cambios asociados con la precipitación pluvial, en su mayoría indican tendencias lluviosas en el oeste de los Andes y el sur de Sudamérica (hasta 10 a 15% de aumento en precipitación) y tendencias hacia la sequía en el centro de Brasil, Amazonas, México, Centro América y el Caribe (hasta un 10% de reducción de la precipitación) (ver Figura 2b).

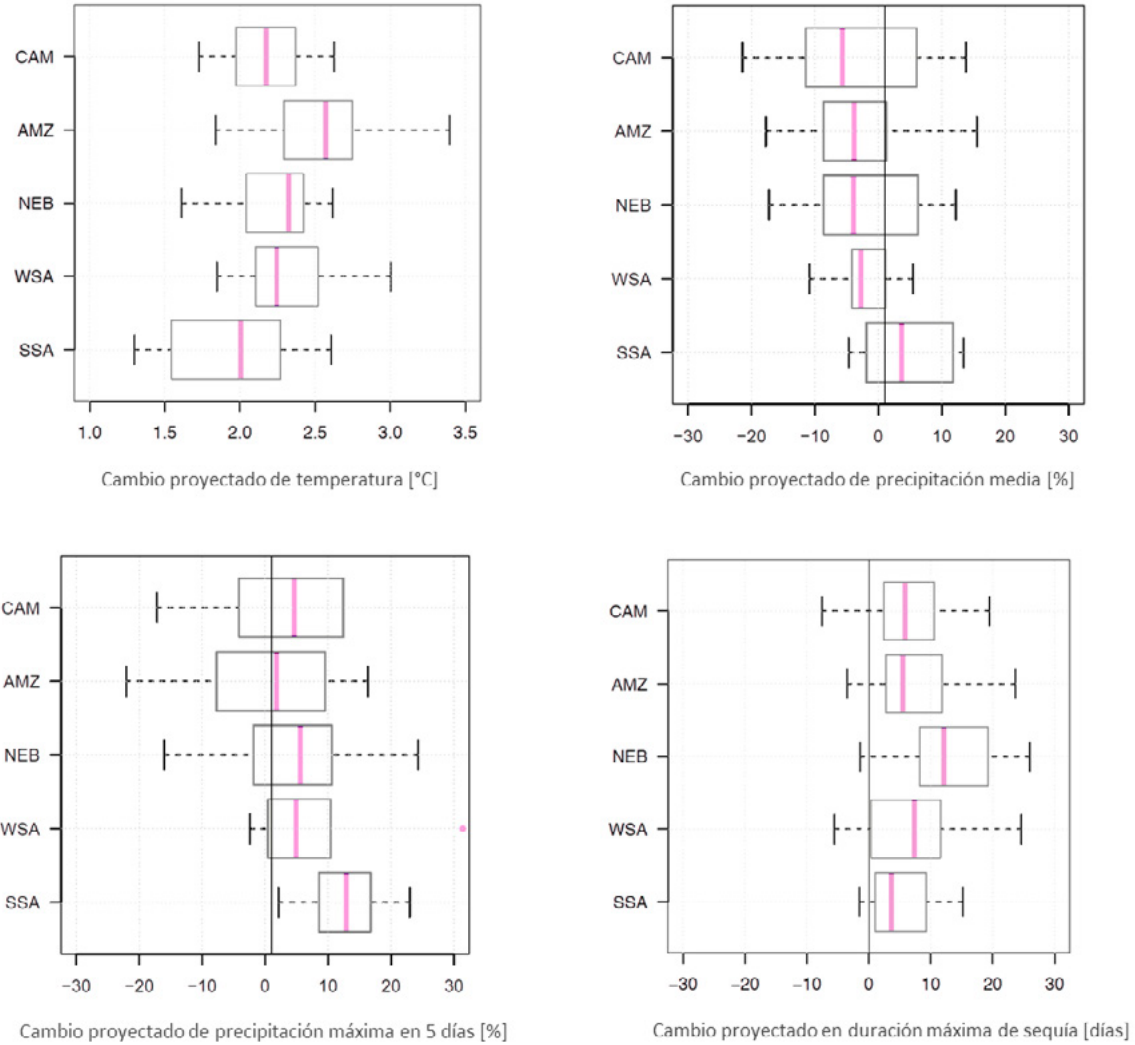
Figura 1. Cambios proyectados en temperatura y precipitación asociados con una temperatura mundial de 2 °C por encima de niveles preindustriales (1870-1889) utilizando el conjunto CMIP5.



Fuente: Knutti *et al.* (2016).

Además de la precipitación pluvial y la temperatura, se proyecta que cambios en muchas otras variables se den si la temperatura media mundial se eleva más allá de los 2 °C sobre niveles preindustriales (IPCC, 2012; Wartenburger *et al.*, 2017; Dossio *et al.*, 2018). Los cambios en los fenómenos extremos es de suma importancia (IPCC, 2012). Las Figuras 2c y 2d ilustran los cambios en precipitaciones extremas para diferentes subregiones de América Latina y el Caribe. De ellas se deduce que, aunque se proyecta que los cambios sucedan en todas partes, se espera que algunas regiones se vean más afectadas que otras. El sur de Sudamérica (SSA), por ejemplo, muestra el mayor incremento de lluvias extremas que pueden causar inundaciones en terrenos agrícolas. Por otra parte, en el noreste de Brasil (NEB), se espera el periodo de sequía de mayor duración, lo cual probablemente redundará en mayor aridez.

Figura 2 Cambios proyectados en el promedio regional de temperatura media (a), precipitación pluvial media (b), precipitación extrema (c) y duración del periodo de sequía (d) para distintas subregiones de América Latina y el Caribe en el momento en que la temperatura media mundial supere los 2 °C por encima de niveles preindustriales.



Nota: Las regiones según el AR5 del IPCC (Wartenburger *et al.*, 2017) están ordenadas de norte a sur, de la siguiente manera: CAM: América Central (incluye México), AMZ: Amazonas, NEB: noreste de Brasil, WSA: oeste de Sudamérica y SSA: el sur de Sudamérica. Los cuadros representan el rango intercuartil; la línea gruesa de color rojo es la mediana y las líneas discontinuas se extienden del 5 al 95% de los datos.

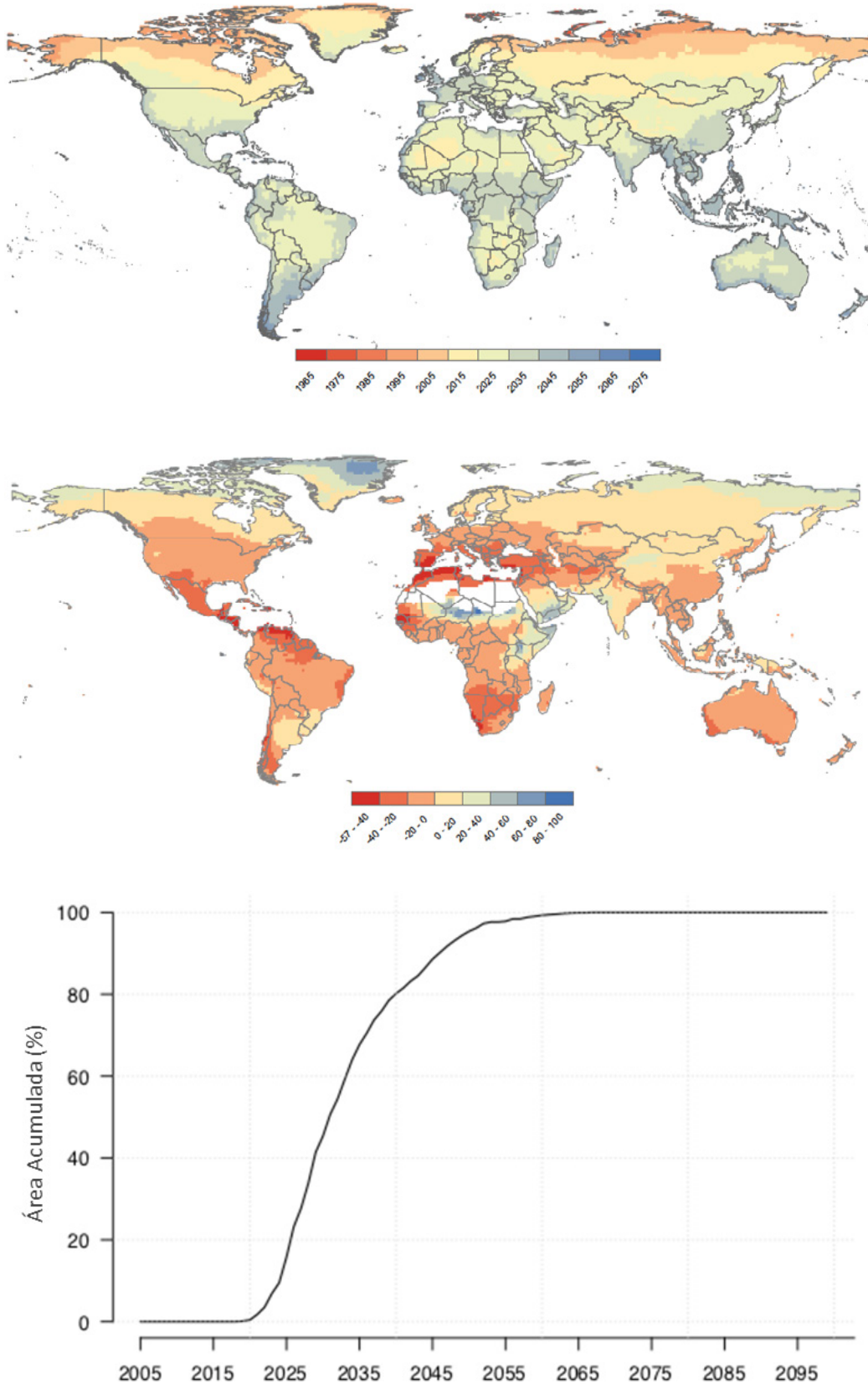
Fuente: Datos tomados del atlas DROUGHT-HEAT (<http://www.drought-heat.ethz.ch/atlas/>).

Los climas extremos, que abarcan tanto el clima extremo como fenómenos meteorológicos extremos, de la manera en que lo define el IPCC (2012), se referirán a un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos en toda la región, incluidos impactos de sequías, inundaciones, olas de calor y ciclones. Donat *et al.* (2016) demuestran que un aumento de la precipitación extrema en regiones áridas se relaciona linealmente con el cambio en la temperatura mundial y aumenta el riesgo de inundaciones, en la medida en que el clima se hace más caluroso, particularmente en regiones áridas. En general, los riesgos de inundación vienen explicados por condiciones de lluvias torrenciales durante varios días consecutivos, que pueden

contribuir a que se den condiciones de inundación (ver Figura 2c). Otro indicador importante de clima extremo son las olas de calor, que están causando el aumento de la mortalidad y la reducción de la productividad laboral. Dosio *et al.* (2018) muestran que la magnitud de las olas de calor se duplicará con +2 °C, en comparación con +1,5 °C. Además, las olas de calor no solo se volverán más intensas, sino más frecuentes, sobre todo en regiones tropicales y un aumento de temperatura daría lugar a olas de calor prolongadas. Su análisis muestra que la fracción de áreas afectadas por olas de calor extremas cada 20 años aumentará 30% en la región amazónica. En un planeta con +2 °C, las olas de calor extremas pueden llegar a afectar a 500 millones de personas, por lo menos una vez cada 5 años. En América Latina y el Caribe, el impacto repercutiría en las regiones costeras desde la República Bolivariana de Venezuela hasta Brasil. Gasparrini *et al.* (2017) proyectan un incremento en la mortalidad asociada al calor en la región de América Central hacia finales de siglo. Wehner *et al.* (2018) presentan una proyección de estadísticas de ciclones tropicales futuros en un escenario de calentamiento con +2 °C, indicando cómo las temperaturas de la superficie del mar podrían ocasionar menos tormentas tropicales, pero de mayor intensidad.

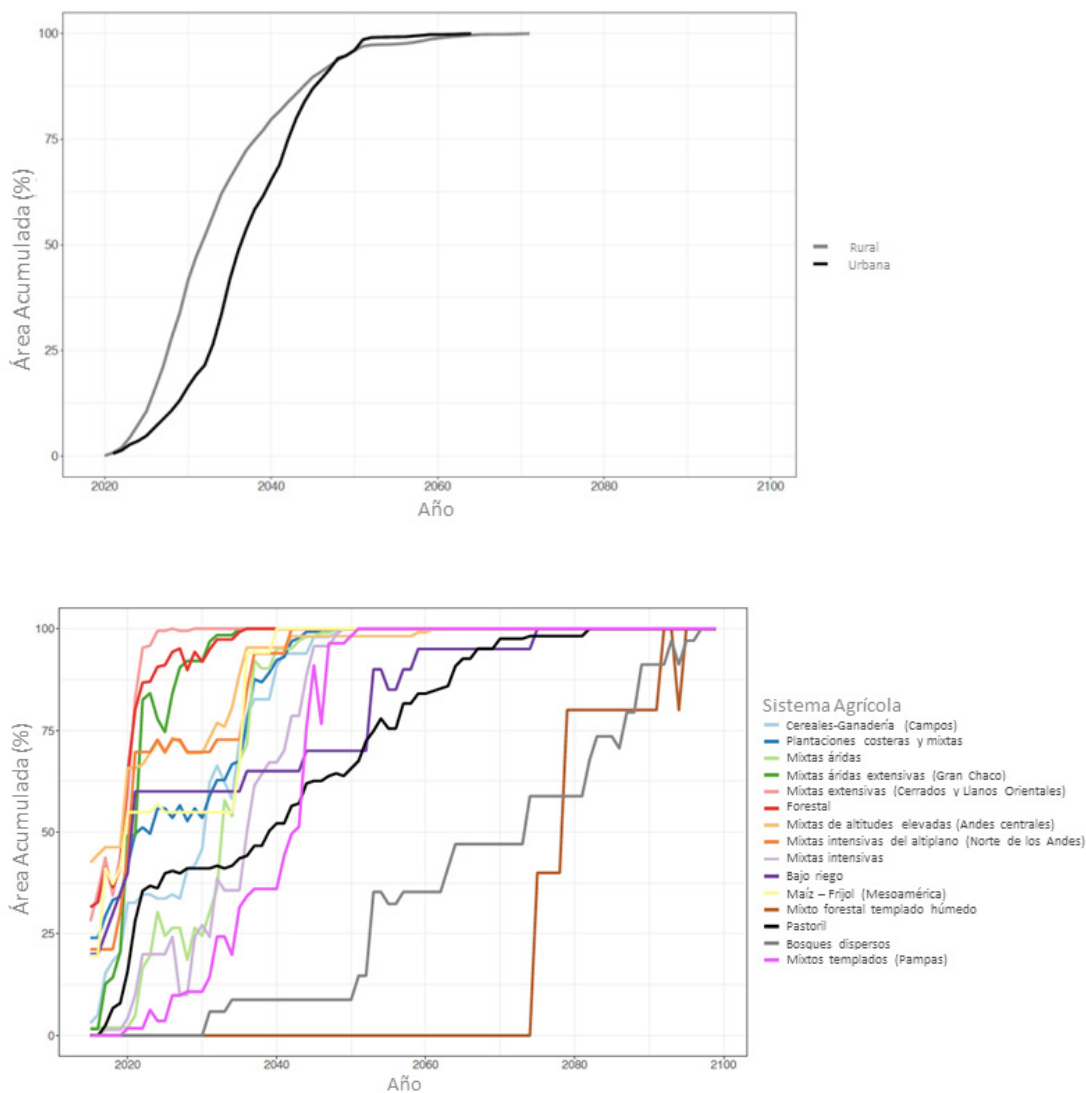
Una segunda forma de abordar las proyecciones climáticas con una meta de calentamiento de 2 °C, consiste en determinar los tiempos en que la temperatura media local sobrepasa este umbral. Joshi *et al.* (2011) analizan el momento en que las temperaturas medias locales sobrepasen los 2 °C de calentamiento por encima de niveles preindustriales utilizando el resultado del modelo CMIP3 para el escenario SRES-A1B. Sus resultados sugieren que a lo largo de América Latina y el Caribe, el incremento por encima de los 2 °C sucede entre 2040 y 2070. Efectuamos un análisis similar al de Joshi *et al.* (2011) utilizando las proyecciones de CMIP5, centrándonos en la trayectoria de nuestras emisiones actuales (VCR 8,5) (Figura 3). El análisis indica que en algunos lugares no solo se excede el umbral de 2 grados a comienzos del siglo XXI (-2020), sino que se proyecta que la región completa sobrepase dicha meta alrededor del año 2050 (Figura 3c). La temprana superación del umbral (-2025) se da en la mayor parte de la cuenca del Amazonas, el centro de Brasil, el Estado Plurinacional de Bolivia, los Andes peruanos, la República Bolivariana de Venezuela y el oriente de Colombia. América Central, México y el Caribe también superan temprano los 2 °C (entre 2035 y 2040). La superación más tardía se da en el sur de Sudamérica, hacia la Patagonia chilena y argentina (entre 2065 y 2075). De manera similar, los cambios en precipitación pluvial al momento en que la temperatura local supera el umbral de los 2 °C indican aumento de las lluvias en el sur de Sudamérica y el oeste de los Andes y sequías en otras partes (Brasil, Amazonas, América Central y el Caribe) (Figura 3b). Se proyecta que algunos de esos cambios excedan la variabilidad natural, lo que puede generar climas ajenos a la experiencia actual del agricultor (Rojas *et al.*, 2018).

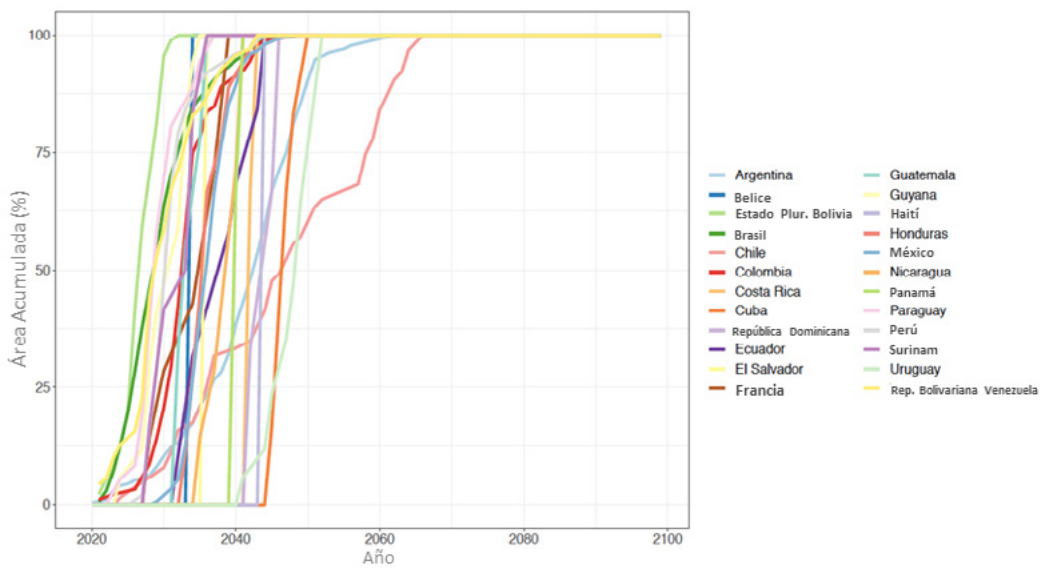
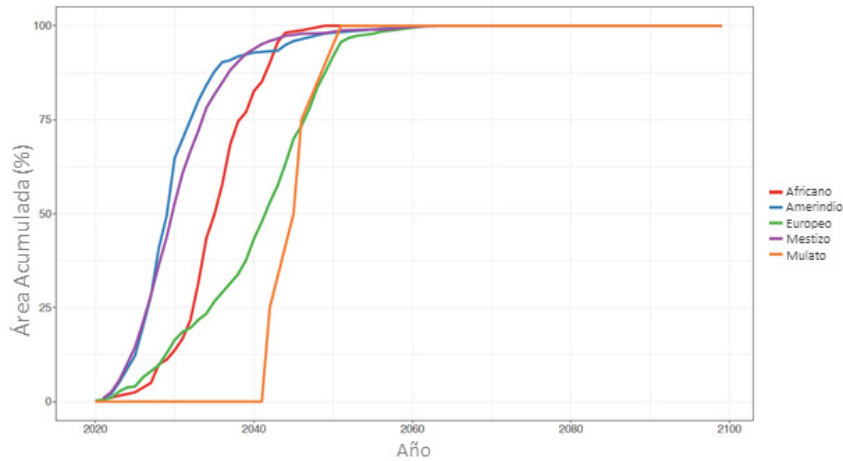
Figura 3. Momento del siglo XXI en el que el cambio de la temperatura local supera los 2 °C por encima de niveles preindustriales (a); cambios proyectados de la precipitación pluvial correspondientes al momento en que se supera el umbral de 2 grados (b) y superficie terrestre física acumulada en América Latina y el Caribe (expresada en % del total) que supera el umbral de 2 grados (c).



Las variaciones regionales cuando se superen los 2 grados en toda América Latina y el Caribe, así como en condiciones climáticas al momento en que se exceda el umbral, indican que habrá diferencias entre las áreas rurales y urbanas, países, sistemas agrarios y grupos étnicos. La Figura 4 ilustra algunas de esas diferencias. Los sistemas de pastoreo muestran fechas relativamente tardías (~2070) en que se cruza el límite de los 2 °C. En cambio, en los sistemas mixtos extensivos (Cerrados y Llanos Orientales), sistemas extensivos de tierras secas mixtas (Gran Chaco) y sistemas forestales se observa que el 100% del área supera el límite de 2 °C en 2030 o antes (Datos del IPCC 2013).

Figura 4 Superficie acumulada (expresada en% del total de la superficie terrestre) que supera el umbral de 2 °C por (a) contexto rural o urbano, (b) sistema agrario, (c) grupo étnico y (d) país.





Fuente: Sistemas agrarios según la clasificación de Dixon (2001), la distribución geográfica rural y urbana se tomó del Centro para la Red Internacional de Información sobre las Ciencias de la Tierra (CIESIN, sus siglas en inglés) (2011) y la distribución de grupos étnicos se tomó de Forero *et al.* (2018).

Los sistemas mixtos de gran altitud (Andes centrales), sistemas intensivos mixtos del altiplano (Andes del norte) y sistemas agrarios intensivos mixtos presentan más de 2 °C de calentamiento en todas sus áreas en años relativamente tempranos del siglo XXI (~2040). Lo mismo ocurre en sistemas importantes para la agricultura de subsistencia, como el sistema milpa (frijol-maíz) en América Central, los cuales se proyecta experimentar un calentamiento por encima de los 2 °C alrededor del año 2040. Generalmente se proyecta que las áreas rurales excedan más rápidamente el límite de 2 °C, en comparación con las áreas urbanas, aunque las islas de calor en centros urbanos probablemente presenten temperaturas mayores en relación con las zonas rurales circundantes. En todos los grupos étnicos, encontramos que los orígenes mestizo y amerindio son los más expuestos al cambio climático (superación temprana del límite de 2 °C), mientras que los mulatos son los menos expuestos.

Los distintos periodos en que se excede el límite de 2 °C en todos los sistemas agrarios, contextos (rural frente a urbano), grupos étnicos y países implican distintos periodos de impacto y, por tanto, diferentes medidas de adaptación a tomar.

3. Contexto en relación con otros motores de cambio

La globalización ha impulsado cambios socioeconómicos significativos en todo el mundo, sobre todo con respecto a tendencias de consumo y de producción en la agricultura, además de cambios en las estructuras económicas, usos de la tierra y demográficos.

La agricultura a pequeña escala es clave para la región: aproximadamente 14 millones de pequeños agricultores producen más de la mitad del total de la producción de alimentos en América Latina (IADB, 2014). La agricultura familiar (según la definición de la FAO) representa el 80% de las fincas de América Latina y del Caribe y ocupa aproximadamente el 35% de la tierra con vocación agrícola, lo cual aporta el 40% de la producción de alimentos y el 64% de empleos relacionados con la agricultura (IADB, 2014). En las próximas décadas se esperan cambios importantes en toda la región, en términos de desarrollo económico. Por tanto, pese a que América Latina y el Caribe necesitarán adaptarse a un mundo más caluroso, con más extremos y cambios en los regímenes de precipitación pluvial, tal adaptación deberá darse dentro del contexto de otros motores de cambio. En esta sección, discutimos los cambios socioeconómicos y su relación con el cambio climático, especialmente dentro de un contexto en el que se han superado los 2 °C.

Cambios en las estructuras económicas

Los países de América Latina y el Caribe son heterogéneos con respecto a su estructura económica, lo cual podría implicar una variedad de cambios en las estructuras de las economías de la región en un contexto con 2 °C más, sobre todo en el sector agrario. Los retos de cada país serán diversos, debido a sus particularidades. Se evidencian diferencias importantes entre economías; por ejemplo, en tanto Costa Rica reporta un PIB per cápita de US\$9808 en el año 2017, Honduras reportó US\$2210; Chile, US\$15.059 y Ecuador, US\$5256, según las estadísticas del Banco Mundial (BM). El valor agregado del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT) en dichas economías es 5,1, 12,9, 3,8 y 9,3%, respectivamente, y su porcentaje de población rural alcanza un 21% en Costa Rica, 44% en Honduras, 13% en Chile y 36% en Ecuador.

Estas diferencias desempeñan una función relevante al abordar el cambio climático, en términos de la capacidad de responder a los impactos negativos del cambio climático y la magnitud del impacto, que también varía a lo largo de la región. La mayoría de economías en América Latina y el Caribe dependen del sector comercial, financiero y el de la manufactura (15, 20 y 15% en promedio, respectivamente), pero el sector agrario es clave, en términos de empleo y seguridad alimentaria y nutricional. El empleo rural en la región se encuentra entre el 9% en Chile, el más bajo, y 30% en Guatemala, el más alto (IFAD, 2016).

La creciente población de mediano ingreso en la región también tiene repercusiones en un mundo 2 °C más caluroso, más aún cuando se ha duplicado en las últimas décadas; sin embargo, persisten brechas socioeconómicas significativas entre países y grupos etarios (IADB, 2016). Por una parte, las diferencias en cuanto a educación son significativas entre la clase media y la población rica y,

por otra parte, las familias de clase media tienden a preferir medios de subsistencia urbanos sobre los rurales, que es donde vive la población más pobre (Ferreira *et al.*, 2013). Esto ha ocasionado niveles muy altos de urbanización y un descenso significativo de la agricultura de subsistencia.

En un escenario de cambio climático con 2 °C más, los países de América Latina y el Caribe podrían estar mejor preparados para afrontar los impactos climáticos con una población de clase media más numerosa, a través de una mayor capacidad de adaptación y, probablemente, enfrentarían menos impactos directos, debido a su ubicación en las áreas urbanas (Adger y Kelly, 1999). Esto último significaría que las poblaciones más vulnerables en el área rural, aunque minoría, estarían menos preparadas para enfrentar dichos impactos en la productividad agrícola, así como en los patrones de cultivo (Vermeulen *et al.*, 2012).

Los cambios en la distribución de los ingresos en la población de América Latina y el Caribe, así como la creciente clase media, pueden tener efectos significativos en las áreas rurales. En dicho contexto, se necesita una transformación rural para reducir las brechas de ingreso, dado que los sistemas agrarios y medios de subsistencia rurales podrían verse afectados por el cambio climático y, con ello, el suministro de alimento para las áreas urbanas.

En países de América Latina y el Caribe, los cambios en el paisaje rural han abarcado diferentes patrones, tales como comercio, instituciones, productividad laboral y desarrollo territorial (IFAD 2016), lo cual podría conllevar diferentes resultados, dependiendo de condiciones específicas por contexto para cada país.

Puesto que la variabilidad y cambio climático afectan la productividad agraria, deben hacerse ajustes en las políticas e inversiones con el fin de facilitar y permitir que se den las transformaciones en el área rural. El pensamiento clásico implicaría crear estrategias enfocadas en cambios de la estructura económica, mientras se abordan otros problemas por aparte. Sin embargo, los desafíos climáticos han puesto de manifiesto la necesidad de adoptar enfoques holísticos e integrales y la transformación rural es un excelente ejemplo, tanto desde el punto de vista de la adaptación como de la mitigación, pero es necesario considerar cuidadosamente sus ventajas y desventajas (Campbell *et al.*, 2018).

Cambios en el uso de la tierra

La dinámica del uso de la tierra es un factor importante cuando se toma en consideración la exposición a un futuro con 2 °C más en América Latina y el Caribe. En promedio, se estima que un 80% de la población de la región vive en las ciudades y se espera que esa cifra aumente a 90% hacia el año 2040. En muchos casos, debido a deficiencias en la planificación y manejo de infraestructura urbana, las poblaciones ciudadanas han estado aumentando, en tanto la densidad de la ciudad ha ido disminuyendo. Esto último ha derivado en una mayor presión sobre el medio ambiente natural, una infraestructura crítica deficiente y problemas significativos en cuanto a contaminación (incluidos los gases de efecto invernadero) y el desplazamiento.

Aunque las ciudades han servido para concentrar la demanda de alimento y otros productos básicos agropecuarios, los cambios en la escala de la producción han sido significativamente menos consecuentes. En el hemisferio sur, el tamaño de las explotaciones por lo general se ha mantenido pequeño y su número se ha reducido, debido a una serie de factores, incluidas las

tendencias hacia la desagrarización, aceleradas por la liberalización del mercado y el ajuste estructural (Bryceson, 2002). El alto índice de urbanización (Lerner y Eakin, 2011) y, en algunos casos, las normas de sucesión, han dado lugar a la fragmentación del terreno, con lo cual las explotaciones se dividen entre más y más personas (Davis, 2006; Lowder, Scoet y Raney, 2016). En otras partes, existe evidencia que apunta hacia un aumento de la mediana agricultura (Jayne *et al.*, 2016). De manera similar, en América Latina y el Caribe, existe alguna evidencia que sugiere que los dos tamaños de explotación se encuentran en crecimiento y que las más pequeñas no comprenden la categoría mayoritaria (Lowder, Scoet y Raney, 2016). El tamaño de la explotación es importante, pues afecta los bienes económicos y sociales que son vulnerables, pero también los mismos bienes pueden utilizarse para adaptarse al cambio climático.

Aunque la urbanización y el tamaño de las explotaciones agrícolas son fundamentalmente las fuerzas motrices del cambio en el uso de la tierra, existen presiones contrapuestas para extensiones de tierra de otros usos. Las tierras agrícolas, incluida la tierra arable, cultivos permanentes (por ejemplo, cacao o palma de aceite) y pastizales permanentes (incluidos sistemas silvopastoriles) con frecuencia son valiosos para usos no alimentarios, tales como conservación de la biodiversidad y producción de cultivos no alimentarios.

Al mismo tiempo, la pérdida de biodiversidad aún sigue en aceleración y alcanzando magnitudes comparables con extinciones masivas prehistóricas (Ceballos, Ehrlich y Dirzo, 2017; Ceballos *et al.*, 2015). Abordar este desafío clave requeriría medidas drásticas de conversión; los estimados sugieren que la conversión de la mitad de toda la tierra productiva hacia la conservación de la biodiversidad se traducirá en pérdidas significativas para la producción de alimento y biocombustibles (Wilson, 2016; Mehrabi, Ellis y Ramankutty, 2018; Steffen *et al.*, 2015; Leclere *et al.*, 2018). Los nuevos conceptos alternativos, tales como el trabajo con los paisajes, pueden proporcionar soluciones mediante un balance entre biodiversidad y servicios agropecuarios (Kremen y Merenlender, 2018). Sin embargo, sigue existiendo incertidumbre en torno a las disyuntivas y oportunidades en distintas situaciones de ingreso y regiones agrarias para balancear la biodiversidad con la producción de biocombustibles y alimentos en una superficie limitada de terreno (Deen, 2017; Havlík *et al.*, 2011; Renzaho, Kamara y Toole, 2017).

3.3 Cambios demográficos

A pesar de que los contextos anteriores implican algunas presiones negativas potenciales, uno de los rasgos marcados de América Latina y el Caribe es que casi toda la región está entrando en un periodo al que se conoce como “coyuntura demográfica favorable”, lo cual significa que la proporción de la población potencialmente activa (productiva) supera a la población potencialmente inactiva (Saad, 2011). Al mismo tiempo, la población continúa creciendo, pero a un ritmo decreciente, que se espera sea cercano a cero en 2050 (Saad, 2011). Por tanto, las oportunidades para el desarrollo económico son fundamentales, dado que en el futuro, la población que envejece requerirá atención médica y el apoyo que proviene de economías con buen desempeño.

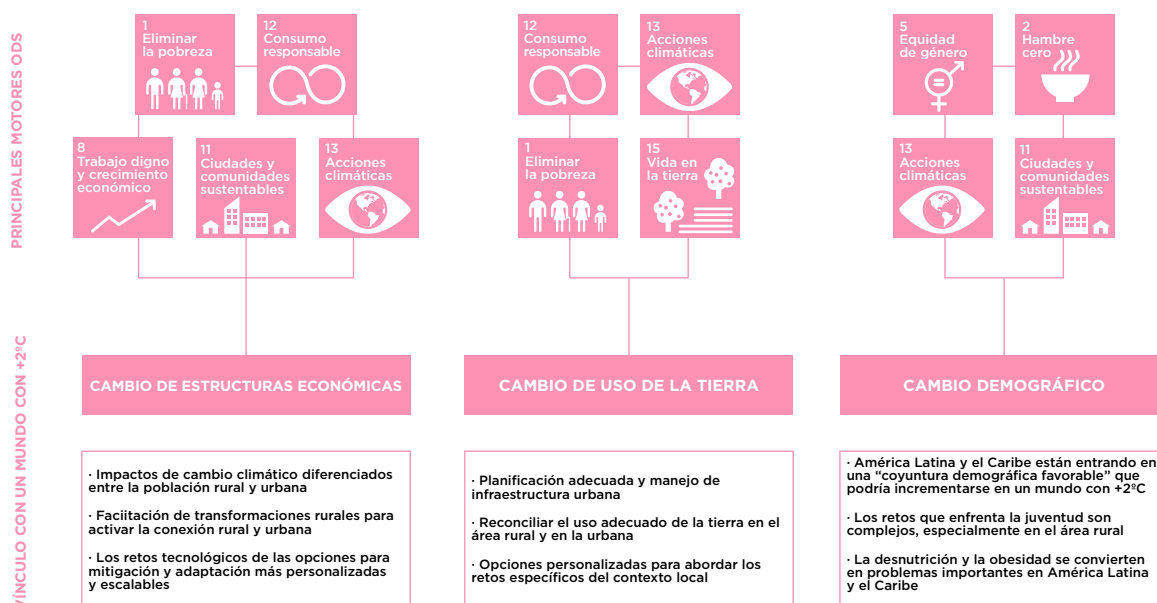
Aunque la coyuntura demográfica favorable sí pinta una imagen positiva, los matices del crecimiento de la población son muy heterogéneos a nivel local y pueden verse exacerbados por los impactos climáticos en momentos relativamente inoportunos. Por ejemplo, se espera que la región en su conjunto presente un incremento en el índice de dependencia (es decir, el número de personas, de edad avanzada o jóvenes, a quienes mantiene la población activa). En muchos casos, se

predice que habrá aumentos drásticos en el índice de dependencia (por ejemplo, en México; ver Saad, 2011) que coinciden con el año en que se supera el umbral de 2 °C (ver Figura 3).

La migración en general, y la migración del campo a la ciudad en específico, está impulsada por un complejo conjunto de factores de tracción y empuje. Por ejemplo, Nawrotzki *et al.* (2017) utilizaron datos del censo de México para ilustrar que cada mes adicional de sequía aumentaba las probabilidades de la migración del campo a la ciudad en 3,6%. En América Latina y el Caribe, los jóvenes parecen ser particularmente propensos a migrar (Baez *et al.*, 2017), con lo cual se complica aún más la intersección del cambio climático y la coyuntura demográfica favorable, pues guarda relación con la agricultura y con el suministro de alimentación y nutrición adecuada a los centros urbanos grandes.

No obstante, la migración sí ofrece sinergias potenciales y la oportunidad de combinar mejoras sociales y ambientales en un clima cambiante. La migración puede significar el abandono de tierras, lo cual podría favorecer la recuperación de ecosistemas, maximizando el uso de tierras productivas para una producción agraria muy eficiente en el uso de los recursos y tierras menos productivas para la prestación de servicios ecosistémicos, tales como la conservación de la biodiversidad (Grau y Aide, 2008).

Figura 5. Vínculos dentro de un mundo con +2 °C.



Cada uno de los motores descritos se encuentra básicamente configurando la forma en que producen un efecto en el cambio climático. El clima está afectando a la región entera de una u otra forma, de modo que los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (UN 2015) deben verse a través de este lente.

4. Impactos de los 2 grados en los medios de subsistencia en el área rural

La diversidad de las características territoriales será un factor clave, en términos de la manera en que tanto las respuestas como los impactos de distintos motores se materializarán en la región. Berdegú *et al.* (2015) concluyen que “los territorios solo se pueden comprender en función de los sistemas más amplios de los que forman parte y que, como resultado, el cambio progresivo nunca se origina únicamente del territorio en sí” (p. 134). Esto resalta la necesidad de contextualizar las intervenciones dentro del entorno rural, con respecto a tendencias mundiales y regionales. Las ramificaciones de las temperaturas elevadas en el futuro podrían dar lugar a interacciones nuevas y complejas en sistemas diferentes y a varios niveles. Los posibles impactos de un mundo más caluroso sobre los medios de subsistencia se exploran más adelante.

Impacto en la producción pecuaria

La proyección de un aumento de temperatura de 2 °C en las próximas décadas puede ejercer un impacto en los medios de subsistencia de varias maneras diferentes e interconectadas. Los sistemas de producción pecuaria y los medios de subsistencia que dependen de ella se verán afectados por el cambio climático, pues tanto la ganadería como la producción avícola son sensibles a los aumentos de temperatura. El estrés térmico es un factor limitante clave de la producción pecuaria eficiente, como lo demuestran las pérdidas significativas de la producción, tanto de la industria lechera como cárnica, debidas al estrés térmico (Nardone *et al.*, 2010). Se estima que aproximadamente el 60% de las explotaciones lecheras en todo el mundo pueden experimentar pérdidas económicas debido al estrés térmico (Nardone *et al.*, 2010). En un estudio de fincas lecheras de Wisconsin, un aumento de 1 °C en la temperatura durante el verano ocasionó una reducción de la producción de leche del 4,52% (Qi, Bravo–Ureta y Cabrera, 2015). Temperaturas mayores a 30 °C en sistemas avícolas podrían causar un estrés térmico en las aves que provocaría un crecimiento deficiente y altas tasas de mortalidad (Nardone *et al.*, 2010). La elección de la especie pecuaria también se verá influenciada, pues condiciones climáticas cambiantes alteran la aptitud geográfica de las especies. En un estudio de elección de especie pecuaria en Sudamérica, Seco, McCarl y Mendelsohn (2010) predijeron que en un escenario de cambio climático caluroso y seco, el número de cabezas de ganado lechero aumentaría en Uruguay y Argentina y disminuiría en otros países andinos. En cuanto a ganado ovino, predijeron que se reduciría en Chile, Colombia, Ecuador y la República Bolivariana de Venezuela. Predijeron que el ganado vacuno cárnico se reduciría en Colombia, Ecuador y la República Bolivariana de Venezuela y aumentaría en Argentina y Chile en un escenario de cambio climático lluvioso y más benigno (Seo, McCarl y Mendelsohn, 2010). Más allá del estrés térmico que causa el incremento de las temperaturas, también hay implicaciones para la distribución de plagas y enfermedades y su impacto en la calidad y cantidad de la producción animal. Se estima que si continúan las tendencias actuales de distribución de plagas, para el año 2050 muchos países estarán saturados de plagas (Bebber, Holmes y Gurr, 2014).

Impacto en los recursos marinos

La temperatura interactúa con otros fenómenos oceánicos provocados por el clima, con posibles efectos consiguientes, tales como hipoxia, acidificación del océano, pérdida de hielos marinos y enfriamiento, entre otros. La interacción de factores ambientales y vida oceánica puede derivar en respuestas complejas del ecosistema (Pörtner *et al.*, 2014). El IPCC reconoce que el aumento de las temperaturas oceánicas está desplazando a las especies mediante un giro biogeográfico en la distribución del zooplancton y los peces hacia los polos (Pörtner *et al.*, 2014). La distribución de los peces también está cambiando en la medida en que las temperaturas de los océanos se tornan más irregulares y los peces y el plancton migran hacia condiciones más aptas, lo cual a su vez afecta la disponibilidad de peces (Brander, 2010) y así a los medios de subsistencia que se basan en la pesca. Es con un alto grado de confianza que se proyecta que esto continúe, además de alterar la abundancia de las especies, su tamaño corporal, migración y actividad estacional (Pörtner *et al.*, 2014). Existe un grado medio de confianza en cuanto a que continúen los eventos de hipoxia y alto grado de confianza en que ocasionarán la pérdida de hábitat de depredadores pelágicos y peces de fondo (Pörtner *et al.* 2014). Una evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la pesca marina y las repercusiones para la seguridad alimentaria nacional muestra una alta vulnerabilidad en la región, especialmente en Cuba, Jamaica, Belice, Honduras, Nicaragua, la República Bolivariana de Venezuela y Guyana (Ding *et al.*, 2017).

La pesca en los arrecifes de coral hacen un aporte a la seguridad alimentaria, pues los pescadores venden la mayoría de su pesca y conservan una parte para familiares y amigos (Teh, Teh y Sumaila, 2013). Los ecosistemas de coral experimentarán una creciente presión en la medida en que aumente la temperatura del océano. Un incremento de 0,1 °C en la temperatura regional de la superficie del mar en el Caribe podría dar lugar a un aumento de 35% del alcance geográfico del blanqueamiento de los corales y de 42% en intensidad (McWilliams *et al.*, 2005). Es probable que el blanqueamiento de los corales de los arrecifes del Caribe se convierta pronto en una fuente importante de estrés (McWilliams *et al.*, 2005), lo cual ejercerá un impacto en las comunidades cuyos medios de subsistencia dependen de los recursos marinos.

Impacto en cultivos alimentarios

En América Latina y el Caribe, varios cultivos son importantes para la seguridad alimentaria y los ingresos, entre ellos, maíz, arroz, frijol, trigo, sorgo, yuca, banano y caña de azúcar (Ericksen *et al.*, 2011; Gourdji *et al.*, 2015). Los impactos del cambio climático en estos cultivos afectarán los medios de subsistencia y variarán según la región y el clima. Ericksen *et al.* (2011) encontraron que en vastas extensiones de tierra en México, Brasil, Surinam, Guyana, el Estado Plurinacional de Bolivia y Perú, la duración del periodo de crecimiento habrá disminuido más del 5% para el año 2050, en comparación con la década de 2000. También se estimó que el periodo de crecimiento de más de 120 días se reducirá en México y Brasil (Ericksen *et al.*, 2011). A escala mundial, los impactos futuros del clima sobre la agricultura ocasionarán pérdidas de entre 3 y 10% en los cereales principales, tales como arroz, maíz y trigo, las cuales se darán por cada grado que aumente la temperatura por encima de los datos históricos (Challinor *et al.*, 2014). En un estudio dirigido a cuantificar la manera en que la productividad de cultivos clave de América Latina y el Caribe cambiará con el clima, Gourdji *et al.* (2015) encontraron que el arroz es el único sistema de cultivo con probabilidad de experimentar beneficios en rendimiento en múltiples áreas de cultivo, debido a la reducción del estrés por sequía terminal y el incre-

mento de la radiación. Es probable que la producción de secano de maíz y frijol en grano se vea severamente afectada por un aumento del estrés hídrico estacional en México, América Central y el Caribe, norte de Sudamérica y noreste de Brasil (Gourdji *et al.*, 2015). También se predice que la producción de trigo de secano disminuirá para el año 2050 en Argentina, al igual que el trigo bajo riego en México y Argentina (Gourdji *et al.*, 2015). El área apta para caña de azúcar en 2050 aumentará en regiones de Brasil, América Central y el Caribe y en la región andina (Gourdji *et al.*, 2015). El cultivo del café también se verá afectado por el cambio climático en América Central, debido a un cambio en la aptitud del cultivo. Se predice que la altitud apta para cultivar café cambiará del rango actual de 800-1400 a 1200-1600 metros sobre el nivel del mar (Baca *et al.*, 2014).

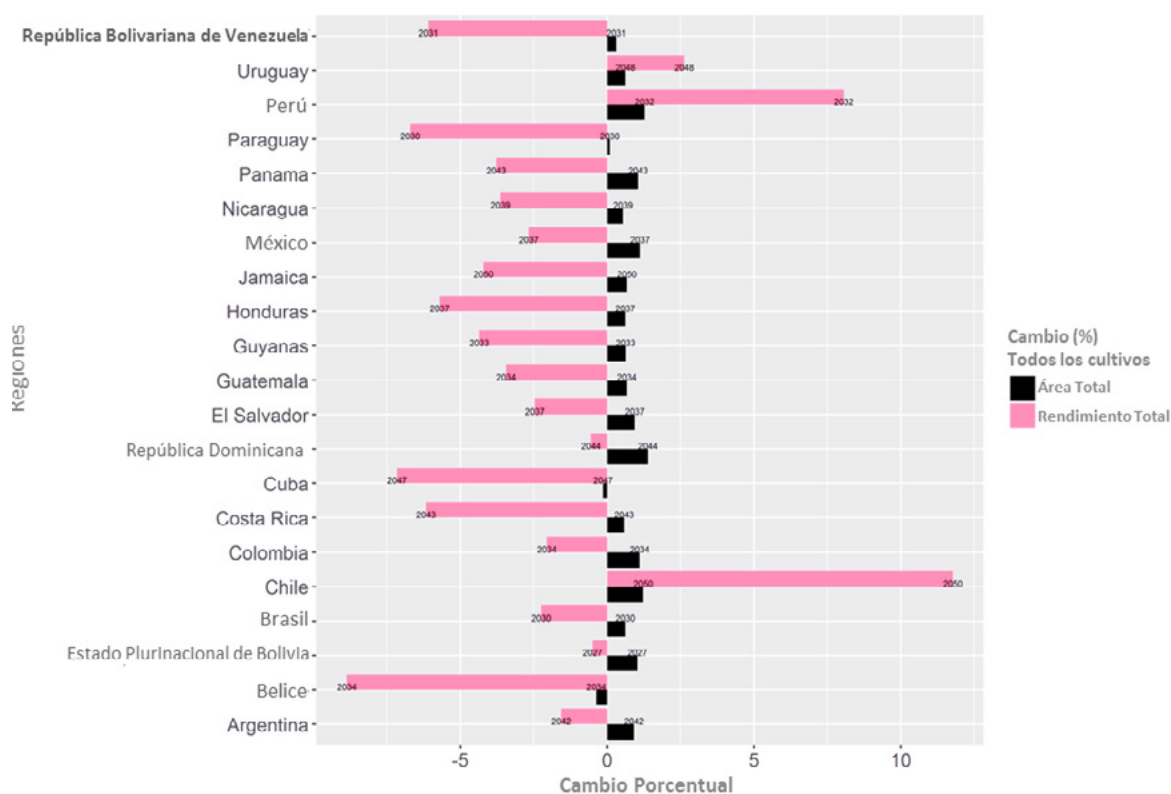
Impacto en seguridad alimentaria

El cambio climático impactará todas las dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad, utilización y estabilidad, afectando a la totalidad del sistema agroalimentario (Vermeulen, Campbell e Ingram 2012), además de los rendimientos. Los principales impactos del cambio climático en la agricultura que darán lugar, ya sea de manera directa o indirecta, a la inseguridad alimentaria están relacionados con:

1. Una reducción del rendimiento de los cultivos por cambios de temperatura y el cambio de los patrones de precipitación pluvial que provocarán sequías o exceso de lluvias; esto último se relaciona con la pérdida de aptitud para cultivos, como maíz y frijol en América Central (Lane y Jarvis, 2007; Ramírez-Villegas *et al.*, 2013).
2. Un incremento en la gama de plagas y enfermedades, algunas de las cuales son nuevas en algunas regiones, debido al exceso de humedad, por ejemplo la roya en el caso del café colombiano (World Bank, CIAT y CATIE, 2014; Lau *et al.*, 2011).
3. Cambios en la disponibilidad y acceso a los alimentos, a causa de un menor rendimiento y menos productos agrarios, que se concentrarán por regiones (López, 2015; Vermeulen *et al.*, 2014), así como impactos potenciales en el mercado, pérdida de ingresos, pérdida de bienes e infraestructura, además de inestabilidad política.
4. Una disminución en la utilización de los alimentos, dada por la falta de acceso a agua potable y por mala salud asociada con la inseguridad alimentaria (Wheeler y von Braun, 2013).
5. Una reducción de los ingresos de los productores, como consecuencia de un descenso en la cantidad y calidad de los productos alimentarios (Magrin, 2015; Vermeulen *et al.*, 2012).

Es importante tomar en consideración la forma en que las economías deberán responder, en términos de seguridad alimentaria. Como ilustra la Figura 5, se espera que todos los países de América Latina y el Caribe, salvo Uruguay, Perú y Chile, presenten disminuciones netas del rendimiento agrario en función de un futuro con 2 °C más. En la mayoría de casos, dichas disminuciones serán parcialmente compensadas por incrementos en el total de superficie agrícola, lo cual puede tener un efecto dominó en el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero generados por el sector agrícola.

Figura 6. Cambio porcentual esperado en rendimiento y superficie agrícola en el año promedio en que cada país alcance el umbral de +2 °C.



Fuente: Resultados basados en la Figura 3 y obtenidos con el modelo IMPACT (Robinson *et al.*, 2015).

La Figura 5 también ilustra la necesidad de considerar la forma en que se deberán organizar los enfoques de adaptación en toda la región. Por ejemplo, se espera que Belice y Paraguay presenten cambios significativos en un futuro relativamente cercano (2034 y 2030, respectivamente). La planificación para seguridad alimentaria necesitará tomar en consideración políticas que prevean tanto el nivel como el momento en que se darán los impactos en los sistemas de producción agraria.

Calidad de los alimentos con un clima cambiante

Muchos estudios han investigado de qué manera los cambios en la temperatura y concentración de dióxido de carbono (CO₂) afectarán el contenido nutritivo de los cultivos. La calidad de los cultivos es un tema complejo. Sin embargo, se ha determinado que la mayoría de los nutrientes se habrá agotado en un mundo con mayor concentración de dióxido de carbono y temperaturas más elevadas. En un estudio sobre respuesta de los cultivos a la concentración atmosférica de CO₂, DaMatta *et al.* (2010) encontraron que la calidad de los alimentos puede disminuir con un alto nivel de CO₂, debido a una reducción en el contenido de nutrientes, como hierro, zinc y manganeso, entre otros. La reducción de la concentración de proteínas también se prevé para plantas bajo mayor concentración de dióxido de carbono (DaMatta *et al.*, 2010). La calidad del alimento es un componente esencial de la seguridad alimentaria y ha sido el centro de varias intervenciones, cuyo objetivo es la biofortificación de alimentos (ver Briat, Dubos y Gaymard, 2015; Bouis y Saltzman, 2017; Gurmú, Hussein y Laing, 2014). La deficiencia de nutrientes, o hambre oculta, afecta a más de 2 millones de personas en todo el mundo (WHO, 2016) y puede ocasionar deficiencias en el crecimiento y desarrollo cognitivo que, a su vez, pueden cau-

sar discapacidad mental, pérdida de productividad y aumento de la tasa de mortalidad infantil y materna (Kennedy, Nantel y Shetty, 2003). Por tanto, la calidad del alimento es un factor de extrema importancia para tener en consideración al momento de determinar el efecto del incremento de la temperatura en la seguridad alimentaria.

De la misma manera que a la producción de alimento, el cambio climático afectará el acceso y el consumo. Se proyecta un incremento en los precios de los alimentos en una amplia gama de escenarios, aunque con diferencias significativas entre modelos macroeconómicos (Nelson *et al.*, 2014). La asequibilidad también depende del poder adquisitivo de los hogares (White *et al.*, 2010), el cual se puede ver afectado por el clima, sobre todo en hogares agrícolas. También es bastante probable que el cambio climático afecte la geografía de la producción a gran escala (Havlik *et al.*, 2014), lo cual podría presentar grandes repercusiones en los precios, flujos comerciales y acceso a los alimentos. El acceso físico a los alimentos puede verse afectado por el cambio climático a través de los efectos sobre los sistemas de transporte y bienestar físico (White *et al.*, 2010). El cambio climático y el comportamiento de variables macroeconómicas también podrían repercutir en la estabilidad de la producción de alimentos.

Implicaciones para el comercio

Es probable que el cambio climático altere el balance del comercio de alimentos (Wheeler y von Braun, 2014). Un aumento de 2 °C interactuará con la seguridad alimentaria y el comercio de formas complejas y heterogéneas. América Latina y el Caribe constituyen predominantemente una región exportadora neta de alimentos. En el año 2011, produjo aproximadamente 60% del total de la soya mundial y entre 2006 y 2009, el 45% del total de café y azúcar, 44% de la carne bovina, 42% de la producción avícola, 70% de banano, 12% de frutos cítricos, 13% de cacao y 33% del maíz (WB, 2014). Sin embargo, es posible que las poblaciones latinoamericanas y del Caribe enfrenten más obstáculos en el mercado mundial si los costos relativos de producción son más elevados que aquellos de otras regiones. Es importante mencionar que, a pesar de la alta disponibilidad de alimentos en América Latina y el Caribe, los rendimientos son menores en comparación con otras regiones del mundo (FAO 2015). Esto contribuye a enfatizar que los gobiernos deben tener precaución al implementar políticas comerciales, como impuestos y cuotas para los importadores y reducción de tarifas de importación. Análisis prospectivos recientes demuestran que es probable que la dependencia de las importaciones aumente en toda Mesoamérica y el norte de Sudamérica, además de un mayor potencial de producir excedentes y para la exportación en Brasil y el Cono Sur de Sudamérica (Prager *et al.*, 2016). Monier *et al.* (2016) ilustran cómo la política de mitigación, que limitaría a 2 grados el incremento de las temperaturas superficiales globales, daría lugar a la reducción de aproximadamente 50% del impacto potencial en indicadores agrarios clave en los Estados Unidos de América. Como el mayor exportador de calorías (y los correspondientes recursos previstos) hacia México (Macdonald *et al.*, 2015), un futuro con 2 grados más podría potencialmente derivar en precios más elevados, debido a un impacto negativo en la producción y, en consecuencia, repercusiones para la seguridad alimentaria de países que dependen de las importaciones desde los Estados Unidos. Ello sugeriría que México (y otros países de América Latina y el Caribe que importan de los Estados Unidos) debería tomar en consideración políticas comerciales que eviten la exportación de sus propios recursos previstos y simultáneamente optar por áreas menos vulnerables desde los puntos de vista climático y político.

5. Vulnerabilidad de comunidades rurales en situación de pobreza en América Latina y el Caribe con respecto a la población en general

Consideraciones socioeconómicas de la vulnerabilidad de las comunidades rurales frente a las urbanas

La vulnerabilidad humana al cambio climático deriva de la exposición a crisis y tensiones climáticas y a la susceptibilidad de los medios de subsistencia a dichos peligros (Safi *et al.*, 2016). Inicialmente, el IPCC definió vulnerabilidad como una función de la vulnerabilidad física con las variables: exposición (E), susceptibilidad (S) y Capacidad de Adaptación (AC) (IPCC, 2007); $V = E + S - AC$. Desde el Quinto Informe de Evaluación (AR5), los conceptos de vulnerabilidad y riesgo están más estrechamente asociados (IPCC, 2014). Se presta mayor atención a riesgos relacionados con el clima que a la vulnerabilidad. Además de la definición de vulnerabilidad del IPCC, el concepto ha sido ampliamente utilizado y operativizado en investigación (Adger, 2006; Hinkel, 2011), reconociendo la importancia de identificar las causas fundamentales de la alta vulnerabilidad de las personas y las comunidades (Ribot, 2014) y abordar la vulnerabilidad a nivel local en el contexto de la exposición a la interacción de múltiples factores (Bennett *et al.*, 2016). Räsänen *et al.* (2016) llevaron a cabo una revisión sistemática de la actual literatura sobre cambio climático y encontraron que el 76% de los artículos reconocen diferentes motores aparte de los relacionados con el cambio climático, incluidos factores de perturbación múltiples, no climáticos y otros. Aunque recientemente América Latina y el Caribe ha logrado una reducción de la pobreza y una creciente clase media, la región aún es socioeconómicamente vulnerable y existen grandes diferencias entre las áreas rurales y urbanas (Stampini *et al.*, 2016). Incluso con menores niveles de calentamiento, el desarrollo regional y el bienestar humano de la región se verán severamente afectados por el cambio climático. Entre los impactos se encuentran: menor estabilidad de suministros y servicios ecosistémicos de agua dulce; mayor población rural y urbana viviendo en situación de pobreza en áreas de alto riesgo; canales de drenaje rebalsados a causa de lluvias intensas; reducción del agua dulce y energía hidroeléctrica por el derretimiento de los glaciares en los Andes durante la época seca y aumento de la vulnerabilidad por ciclones tropicales más intensos en el Caribe, tomando en cuenta que la mitad de su población vive a lo largo de la costa y el 70% en ciudades costeras (Reyer *et al.*, 2017).

Vulnerabilidad de comunidades periurbanas y urbanas

Un estudio mundial efectuado por Garschagen *et al.* (2015) muestra que los países con rápida urbanización y transformación económica enfrentan desafíos debido a la vulnerabilidad humana y ambiental que ocasiona una alta susceptibilidad y falta de capacidad de adaptación a la exposición. La urbanización aumenta la exposición al cambio climático a causa de una reducción de las áreas de retención de inundaciones, debido al sellado del suelo y los riesgos que representan para la salud los efectos de la isla de calor urbano (Qin *et al.*, 2015). Para comprender mejor la vulnerabilidad urbana a los peligros relacionados con el clima en América Latina y el Caribe, es importante evaluar la complejidad del desarrollo urbano, desigualdades sociales, economía y política (Krellenberg *et al.*, 2016). Los países de la región se caracterizan por una gobernanza ambiental débil, impulsores sociopolíticos y ecológicos de procesos de urbanización que son diversos y complejos, así como por desigualdades socioeconómicas (Dobbs *et al.*, 2019). El cambio climático puede incluso intensificar la desigualdad urbana (Reckien *et al.*, 2017). El reciente reconocimiento de la elevada vulnerabilidad urbana a peligros ambientales ha dado lugar a una mayor comprensión de que es necesario vincular el desarrollo urbano y los sistemas alimentarios con el desarrollo rural (Dubbeling *et al.*, 2017).

Vulnerabilidad de las comunidades rurales

Varios estudios han encontrado que en América Latina y el Caribe, la producción agraria a pequeña escala es altamente vulnerable al cambio climático (Montaña *et al.*, 2016; Baca *et al.*, 2014; Girard *et al.*, 2014). Bouroncle *et al.* (2017) llevaron a cabo un análisis de conglomerados espaciales de la capacidad de adaptación de cuatro países centroamericanos, Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua, y encontraron que la capacidad de adaptación es mayor en lugares cercanos a las áreas urbanas y menor en áreas de la frontera agrícola, especialmente aquellas propensas a sequía. La capacidad de adaptarse al cambio en los sistemas de subsistencia del área rural es baja y, con frecuencia, los agricultores se encuentran expuestos a múltiples factores de perturbación tanto climática como no climática (Eakin *et al.*, 2014; Feola *et al.*, 2015; Eitzinger *et al.*, 2018). Las comunidades rurales en situación de pobreza de la región son particularmente susceptibles a peligros naturales relacionados con el clima (Rubin y Rossing, 2012). Otra característica de los países de la región es que los medios de subsistencia rurales dependen tanto de estrategias agrarias como no agrarias, por lo que las vulnerabilidades son difíciles de analizar. El determinante principal de la alta vulnerabilidad y exposición a los extremos climáticos, la desigualdad, sigue prevaleciendo en la mayoría de países (Rojas, 2016). Para la mayor parte de las comunidades agrarias rurales, bienes y capital son difíciles de adquirir y las estrategias de respuesta basadas en adaptación, que son eficaces a nivel local, son escasas y aisladas.

En pocas palabras, existen pocos estudios sobre la vulnerabilidad de las comunidades rurales de la región. Para poder respaldar políticas de adaptación es necesario comprender mejor las vulnerabilidades existentes y las capacidades de adaptación de la población rural (Donatti *et al.*, 2018). Sin embargo, lo más importante es que los objetivos en materia de políticas estén orientados hacia reducir la elevada vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades rurales, abordar el riesgo actual de desastre y apoyar todas las medidas que tomen las comunidades con el fin de aumentar su resiliencia socioecológica en el futuro (O'Brian, 2013; Tompkins *et al.*, 2018).

Variabilidad regional de la vulnerabilidad

Actualmente, en América Latina y el Caribe, 7,5 millones de personas se encuentran viviendo en una franja costera de 42.600 kilómetros cuadrados a una elevación que se encuentra por debajo del extremo del nivel del mar de los últimos 100 años (Reguero *et al.*, 2016). Se estima que hacia finales del siglo, 4 millones de personas se encontrarán expuestas a inundaciones a causa del aumento del nivel del mar (Reguero *et al.* 2016). Asimismo, las predicciones futuras muestran eventos más extremos de la Oscilación del Sur El Niño (ENSO, sus siglas en inglés) con un aumento en la precipitación pluvial máxima de 5 días en puntos críticos de Serra do Espinhaco, en Brasil, la región de la Pampa, en Argentina y la costa del Pacífico de Ecuador, Perú y Colombia, lo cual aumenta la vulnerabilidad a inundaciones (Reyer *et al.*, 2017). En las últimas décadas, dos episodios severos de ENSO (1982-1983 y 1997-1998) han sido ya fuente de enormes pérdidas y aumento de la vulnerabilidad de los medios de subsistencia (Magrin *et al.*, 2007).

Las personas y las comunidades se encuentran expuestas a diferentes vulnerabilidades en distintas regiones de América Latina y el Caribe.

Los pequeños Estados insulares en desarrollo (SIDS, sus siglas en inglés) y comunidades de los países centroamericanos son vulnerables a múltiples riesgos relacionados con el clima. El Corredor Seco Centroamericano (CSC) se caracteriza por su alta vulnerabilidad (Gotlieb *et al.*, 2019) derivada de la pronunciada estacionalidad de la precipitación, la pobreza arraigada, la inseguridad alimentaria y la emigración de la juventud durante los periodos de sequía (Baez *et al.*, 2017). Además, en años recientes, las inundaciones y los ciclones han tenido un impacto profundo en la subregión, provocando devastación por deslizamientos, destrucción de la infraestructura y poniendo en peligro los medios de subsistencia de las personas y comunidades locales (Reguero *et al.*, 2015). Entre los 10 países más afectados del mundo a causa de fenómenos meteorológicos extremos, entre 1998 y 2017, se encuentran 5 países de América Central y el Caribe: Puerto Rico, Honduras, Haití, Nicaragua y Dominica.

En su mayoría, las vulnerabilidades de las comunidades amazónicas asociadas con el cambio climático están relacionadas con sequías prolongadas y variación extrema del nivel de inundación. Las comunidades que viven en países del noreste de Sudamérica se encuentran expuestas a la vulnerabilidad costera. Por ejemplo, Guyana, que cuenta con una planicie costera de poca altitud que sustenta al 90% de su población, es extremadamente vulnerable al incremento del volumen y frecuencia de las inundaciones, en combinación con una mayor erosión litoral. El principal desafío de Guyana es la gestión del recurso hídrico (Hickey, 2012).

En la región occidental de Sudamérica, la irregularidad de las lluvias y la elevación de la temperatura causan mayor vulnerabilidad, sobre todo en Perú (Jarvis *et al.*, 2011). Los medios de subsistencia en las tierras secas del área rural andina del sur de Sudamérica presentan distintos niveles de vulnerabilidad, con gran dependencia de diferentes modos de desarrollo, lo cual agrava la exposición y vulnerabilidad a factores perturbadores del recurso hídrico.

Vulnerabilidad de la infraestructura

En América Latina y el Caribe, los indicadores de infraestructura relativos al desarrollo energético y las telecomunicaciones se comparan favorablemente con otras regiones emergentes de

África subsahariana, Asia emergente y Europa emergente, pero se quedan atrás en cuanto a infraestructura vial (Cerra *et al.*, 2016). Un estudio efectuado por Espinet *et al.* (2016) calcula que para el año 2050, el gasto nacional complementario necesario para el mantenimiento de las carreteras será de US\$1,5 a 5 millardos, con el fin de favorecer la resiliencia al cambio climático del sistema primario de infraestructura de transporte de México. Tal necesidad de gasto revela la vulnerabilidad de la infraestructura de transporte de México, una situación probablemente similar a la de otros países en desarrollo. La inversión en infraestructura resiliente al cambio climático es importante, porque se proyecta que el costo anual de la inacción con respecto a la infraestructura será de US\$16 millardos para el Caribe en el año 2050 (Bueno *et al.* 2008). Una amenaza adicional en las regiones costeras es el aumento del nivel del mar. La infraestructura costera es vulnerable al aumento previsto del nivel del mar y la probabilidad de una creciente incidencia de ciclones tropicales (IPCC, 2014). En 2050, el costo de los daños por huracanes podría elevarse a US\$940 millones de pérdida media anual en las 22 ciudades costeras más grandes de ALC (Hallegatte *et al.* 2013), agravando la vulnerabilidad de la región. Se esperan mayores impactos de los extremos climáticos, tales como un aumento de la frecuencia, duración y magnitud de los extremos calurosos (IPCC, 2014), los cuales posiblemente sean perjudiciales para la infraestructura costera en los SIDS del Caribe y otros países de CAM. A menudo, los sistemas energéticos de los países de ALC dependen de la generación de energía hidroeléctrica, lo cual puede verse negativamente afectado, pues varios estudios muestran los cambios proyectados en cuanto a la disponibilidad de agua (Hamududu y Aanund, 2012; Pereira de Lucena *et al.*, 2009), es decir, la reducción del deshielo de los glaciares a causa de la disminución de la cobertura de nieve y el impacto del cambio climático sobre la estacionalidad del caudal del río. Sin embargo, es necesario tener cuidado al interpretar los resultados de esos estudios, pues raramente consideran el cambio potencial de la estacionalidad o los efectos de fenómenos extremos de lluvia o sequía sobre la generación hidroeléctrica (Reyer *et al.*, 2017). Se espera que el cambio climático tenga un profundo impacto en un amplio espectro de sistemas de infraestructura (IPCC, 2014), así como en los servicios de atención médica y emergencias y el entorno edificado.

El calor y la salud de los trabajadores rurales

Las altas temperaturas, junto con actividad física intensa, son condiciones con las que muchos trabajadores agrarios de todo el mundo tienen que luchar diariamente. Sin embargo, la exposición a un estrés térmico extremo representa un peligro para la salud, sobre todo en entornos de producción agraria donde la sombra es escasa y el acceso al agua es limitado. Cuando el estrés térmico es severo, puede ocasionar enfermedad renal crónica e insuficiencia renal (Nerbass *et al.*, 2017), insolación e incluso la muerte (Crowe *et al.*, 2009). Es necesario efectuar un estudio más riguroso del estrés térmico en poblaciones rurales y trabajadores agropecuarios, como señalan Crowe *et al.* (2009), quienes estudiaron a trabajadores del sector cañero en Cuba, señalando las condiciones sofocantes, falta de sombra y falta de suministro de agua potable para tomar, como los principales problemas. Pero con el incremento de las temperaturas mundiales, se espera que aumente también la duración, frecuencia y magnitud del estrés y extremos térmicos (Stocker *et al.*, 2013). Levi *et al.* (2018) plantean un problema de aumento potencial de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores en cuanto a su alcance, en la medida en que su hábitat se amplíe con temperaturas más cálidas, con lo cual se pone en riesgo a los trabajadores de campo. También es probable que la productividad sufra consecuencias de la exposición al calor ambiental. El suministro diario de mano de obra en temperaturas por encima de 32 °C puede reducirse hasta un 14% en sectores expuestos, tales como la agricultura y la construcción (Levi *et al.*, 2018). Para el año 2050, se espera que varios países del sureste de Asia pierdan de 30 a 40% de horas laborales diurnas debido al exceso de calor

(Kjellstrom *et al.*, 2016). La falta de estudios sobre este tema en América Latina y el Caribe debe ser una prioridad para futuras investigaciones.

Consideración de las cuestiones de género y juventud

En América Latina y el Caribe, el 78,5% de mujeres del área rural se dedica a las labores agrarias. Las estrategias diferenciadas de adaptación tienen mayor posibilidad de conseguir los mejores resultados, valiéndose de enfoques personalizados que promuevan la inclusión social, con el fin de aprovechar tanto las diferencias de género como generacionales en las comunidades y a nivel familiar. Por tanto, es fundamental tomar medidas más decisivas en cuanto a la inclusión de género para adaptación y mitigación del cambio climático y en el desarrollo de estrategias y prácticas para mejorar la productividad rural. El reto es estandarizar la inclusión de género en cada uno de los diferentes proyectos, programas, estrategias, iniciativas y políticas en torno al carácter integral del desarrollo rural, así como para reducir la desigualdad y mejorar el acceso de las mujeres a la información y a la toma de decisiones.

Demandas de adaptación y extensión

Los impactos de un clima cambiante en los medios de sustento agrarios y rurales son muchos y variados y, con frecuencia, son específicos por contexto y están interrelacionados. La presión que ejercen la variabilidad y el cambio climático en el sistema agrario demanda medidas de adaptación para aumentar la capacidad de respuesta de las personas, comunidades y regiones. Dichas medidas deben tomar en consideración los enfoques más adecuados para abordar la vulnerabilidad, pues la adaptación tiene el potencial de reducir los impactos de la variabilidad y el cambio climático en el rendimiento de los cultivos e ingresos del productor (Reidsma *et al.*, 2009). De hecho, la mayoría de estudios sobre impactos del cambio climático en los cultivos omiten la adaptación en los modelos de cultivo. Los escenarios sin adaptación, o con las condiciones habituales (*business-as-usual*), han demostrado impactos negativos globales en la producción agrícola (Ramírez-Villegas *et al.*, 2012). Crane, Roncoli y Hoogenboom (2011) ponen de relieve la manera en que la adaptación es un fenómeno social que va más allá de dar respuesta a problemas biofísicos. La adaptación es un proceso dinámico.

Seo y Mendelsohn (2008) realizan un modelo de cómo la elección del cultivo por parte de los agricultores de Sudamérica puede cambiar con el clima y predicen que en la medida en que las temperaturas mundiales aumenten, los agricultores se alejarán de la producción de trigo, maíz y papa, en favor de la producción de calabaza, vegetales y frutas. Otras estrategias de adaptación empleadas por los agricultores pueden incluir desinvertir del todo en producción agrícola para dedicarse a la producción pecuaria (Thomas *et al.*, 2007), buscar otras fuentes de ingreso (Egeru *et al.*, 2016) o enviar a los hombres jóvenes a trabajar al extranjero (Ingram *et al.*, 2002). Los servicios de extensión tendrán que ajustar las recomendaciones agropecuarias, de conformidad con los nuevos rangos de aptitud, elección de estrategia de subsistencia, elección de especies pecuarias, cambios en el periodo de crecimiento y disponibilidad y elección de variedad de cultivo, entre otros.

Conflictos y transformaciones socioeconómicas con 2 grados más

El cambio climático puede agravar el conflicto humano, porque muchos factores del bienestar humano se ven afectados, ya sea directa o indirectamente. Por ejemplo, la grave escasez de ali-

mentos puede provocar disturbios debido a los elevados precios de los alimentos y la inseguridad alimentaria. Los precios del trigo aumentaron en Medio Oriente cuando las olas de calor en Rusia ocasionaron pérdidas en el rendimiento e imposición de restricciones a las exportaciones, lo cual probablemente contribuyó a la Primavera Árabe (d'Amour *et al.*, 2016). Asimismo, en una síntesis de la literatura que vincula el conflicto humano con el clima, Hsiang, Burke y Miguel (2013) encontraron que, estadísticamente, el clima ejerce influencia en el conflicto humano moderno. La frecuencia de violencia interpersonal aumenta en 4% y el conflicto entre grupos, en un 14% por cada entero de desviación estándar hacia precipitaciones más extremas o temperaturas más elevadas.

Así, las consecuencias socioeconómicas del cambio climático pueden extenderse más allá de la desnutrición y las repercusiones en la salud y alcanzar resultados violentos y potencialmente fatales. El cambio climático también puede tener un efecto en la migración tanto dentro de los países como entre ellos. El impacto del cambio climático en el desplazamiento y flujos migratorios es difícil de predecir, debido a la complejidad que implica y a la falta de datos integrales sobre el tema (Tacoli, 2009). El desplazamiento económico y geográfico comprende una estrategia vital que reduce la vulnerabilidad a riesgos tanto ambientales como no ambientales y es empleada por poblaciones urbanas, rurales y agrarias (Tacoli, 2009).

Desafíos especiales de los pequeños Estados insulares en desarrollo (SIDS)

Los SIDS del Caribe son altamente vulnerables al cambio climático, sobre todo a los efectos adversos de los desastres climáticos, incremento de la variabilidad climática interanual y futura reducción de la superficie para la producción de alimentos en zonas costeras de baja altitud (Rhiney *et al.*, 2018). Pelling y Uitto (2002) han señalado que los Estados insulares desvinculados con el resto del mundo se ven más afectados por los desastres naturales cuando son mayores, por ejemplo, en el Caribe, Haití, República Dominicana, Jamaica y Cuba (Bertinelli *et al.*, 2016). Sin embargo, islas más pequeñas se encuentran en mayor riesgo de desaparecer en un solo evento. Los datos históricos han demostrado que los huracanes pueden causar una destrucción catastrófica en el Caribe. Bertinelli *et al.* (2016) estiman que el costo de un evento que sucede una vez cada 50 años ronda los US\$8 millardos. Los daños normalizados anuales de huracanes podrían duplicarse por lo menos a US\$1395 millones en un escenario con 1,5 °C más, dato que probablemente sería significativamente mayor en un clima con 2 °C más (Burgess *et al.*, 2018).

El aumento de las contingencias de los desastres naturales ya está afectando a las comunidades costeras. Los escenarios futuros de calentamiento amenazan aún más sus medios de subsistencia por los cambios en la aptitud de los cultivos a altitudes más elevadas, lo cual en países como Jamaica dará lugar a que haya menos disponibilidad de tierra para la producción agrícola y el correspondiente reemplazo de los medios de subsistencia (Rhiney *et al.*, 2018; Eitzinger *et al.*, 2013). Un aumento de 2 °C de la temperatura provocará que haya menos diversidad de arrecifes de coral y generará tensiones locales a causa de una calidad deficiente del agua (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). Igualmente, la disminución de la magnitud de los arrecifes de coral podría convertirse en un factor crónico de perturbación en todo el Caribe (McWilliams *et al.*, 2005) e incrementaría la vulnerabilidad de las comunidades pesqueras. Datos históricos revelan una mortalidad crónica de los corales en los últimos 30 años, el aumento de la abundancia de macroalgas y 5 huracanes de gran intensidad que causaron una severa mortalidad de corales (Edmunds, 2019).

6. La necesidad de políticas, tecnologías y enfoques integrales conjuntos para el desarrollo rural

Políticas climáticas en América Latina y el Caribe

Las políticas constituyen un mecanismo que permite responder de manera eficaz a los desafíos relacionados con el cambio climático. El marco regulatorio de la región con respecto al cambio climático ha brindado respuesta a muchos de los desafíos planteados anteriormente. Dicho marco ha ido evolucionando de conformidad con negociaciones internacionales, sobre todo mediante la ratificación de importantes mecanismos mundiales en la mayoría de congresos nacionales. Con respecto a la agricultura, el más relevante de dichos mecanismos internacionales globales son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (Rodríguez *et al.*, 2015).

Todos los países de la región, salvo Nicaragua, han preparado Contribuciones Nacionales Determinadas dentro del marco del Acuerdo de París, muchas de las cuales abarcan tanto adaptación como mitigación e incluyen al sector agrario. La mayoría de países también cuentan con una gran cantidad de políticas que se refieren específicamente al clima, algunas de las cuales son multisectoriales y otras se enfocan en un cierto sector. Algunos países de la región han incorporado disposiciones constitucionales relacionadas con el cambio climático, como es el caso de República Dominicana, que reformó su Constitución para incluir la adaptación al cambio climático como un mandato constitucional (CCAFS y MA, 2014); Guatemala promulgó una Ley de Cambio Climático, denominada “Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero” (Decreto No. 7-2013) y Ecuador incluyó el tema en su nueva Constitución en el año 2008 (Artículo 414).

Varios países han formulado planes, estrategias, políticas y programas para hacer frente a los desafíos del cambio climático y también como respuesta a mecanismos internacionales establecidos en torno al Protocolo de Kioto y actualmente el Acuerdo de París, firmado en 2016. Por ejemplo, Perú estableció su Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario Periodo 2012-2021, mientras que Nicaragua comenzó con la formulación de políticas relacionadas con el medio ambiente, recursos naturales y cambio climático en el año 2000 (FAO, 2003). En el ámbito regional, en 2017, el Consejo Agropecuario Centroamericano lanzó la Estrategia Regional de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima para América Central y República Dominicana, como una iniciativa para abordar los principales retos del

cambio climático en la región, en conjunto con la agenda de ODS. También se han elaborado programas gubernamentales relacionados con el clima, tales como el Plan ABC de Brasil, que es una iniciativa crediticia que proporciona préstamos con bajo interés a agricultores que quieren implementar prácticas de agricultura sostenible. En el año 2011, Colombia estableció Fondo Adaptación, con el fin de financiar medidas para la recuperación del país luego de un evento La Niña, pero también para invertir en prácticas de gestión de riesgo climático.

Aunque existen algunos ejemplos aislados de incorporación de temas relacionados con el clima en contextos normativos rurales más amplios, es necesario que la región logre un mayor avance en este frente. En particular, es necesario que los países vayan más allá de trabajar en compartimentos dentro de unidades gubernamentales, pues el cambio climático es un tema verdaderamente transversal. De la misma manera, también será necesario adaptar las políticas y estrategias económicas a los desafíos climáticos con el fin de abordar los impactos potenciales de factores macroeconómicos y microeconómicos que afecten de manera significativa el comportamiento económico. Dada la importancia del sector rural en las economías nacionales, será imperativo tomar medidas para garantizar un desarrollo agropecuario sostenible. Para ello será necesario aprovechar los mercados de carbono (Grieg-Gran, Porras y Wunder 2005), así como mecanismos e incentivos que promuevan la conservación y gestión de los servicios ecosistémicos, produciendo alimentos en las áreas rurales. El trabajo conjunto de los diversos sectores económicos será clave al hacer frente a los retos del cambio climático mediante la formulación de políticas. Colombia constituye un ejemplo interesante, pues en 2018 formuló una política sobre Crecimiento Verde que cubre transversalmente todos los sectores relevantes del país.

Es necesario que la agenda normativa para abordar los desafíos del cambio climático en América Latina y el Caribe abarque más que el sector agrario, como medio de producción de alimento. El cambio en materia de políticas debe incluir un criterio de protección contra el clima de los servicios de extensión, derechos territoriales y semillas; la seguridad alimentaria y pautas dietéticas; el comercio; las regulaciones del mercado y la tecnología, entre otros. Si se toma en consideración que los países forman parte de un sistema económico mundial, es fundamental que las intervenciones a través de las políticas y las medidas se conciban basándose tanto en las necesidades como en las características nacionales y reconociendo la función del entorno económico internacional. Las intervenciones con base científica combinadas con conocimientos locales y tradicionales y con estrategias y planes de acción sólidos de parte de gobiernos nacionales para gobiernos locales son fundamentales para lograr una adaptación adecuada al cambio climático, a la vez que reducen el impacto sobre el medio ambiente y, por ende, contribuyen a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. Si se toma en consideración la compleja interacción de los desafíos que perpetúan la inseguridad alimentaria y, sobre todo, que la seguridad alimentaria va acompañada de fenómenos tanto a escala macro como individual (Gregory, Ingram y Brklacich 2005), las políticas y las actividades relacionadas con su formulación deben actuar a diferentes escalas.

Oportunidades en un mundo con 2 °C más

La realidad de 2 °C más o un mundo más caluroso no solo representan una amenaza para las comunidades rurales, sino también una oportunidad. El deseo de reducir las emisiones para cumplir con las metas del Acuerdo de París seguirá aumentando y, particularmente en América Latina y el Caribe, las áreas rurales son el centro de las estrategias para alcanzar las metas nacio-

nales e internacionales. Las emisiones de la agricultura y el uso de la tierra en la región suman el 42% del total de emisiones, que es proporcionalmente superior que en otras áreas, como Asia (10%) (Sova *et al.*, 2018). Las principales fuentes son la deforestación (19%), ganadería (11%), fertilizantes (10%) y arrozales (2%). La reducción de la deforestación ha sido identificada como una forma económica y eficiente de mitigar el cambio climático y ha conducido al establecimiento de REDD+, entre otros marcos, para financiar medidas que reducen la deforestación. Dichas medidas pueden beneficiar directamente a las comunidades, brindando estímulos financieros, institucionales y políticos para disminuir la presión sobre los bosques. De igual manera, existe una inversión significativa en la búsqueda de una producción ganadera más sostenible, que incluye iniciativas del sector privado, tales como la Mesa Redonda para la Carne Sostenible, o mecanismos de financiamiento climático dentro del Fondo del Biocarbono, que está invirtiendo en la producción de bajas emisiones, como los sistemas silvopastoriles. Un ejemplo de por qué la región podría integrar la mitigación directamente en sus estrategias de desarrollo rural viene dado por Herrero *et al.* (2016). Ellos consideran que en América Latina y el Caribe se cuenta con un potencial muy significativo de mitigación en el sector ganadero. En la medida en que la demanda de opciones rentables de mitigación crezca en las próximas décadas, América Latina y el Caribe pueden identificar oportunidades significativas para invertir en el área rural en prácticas resilientes de bajas emisiones en el sector agropecuario.

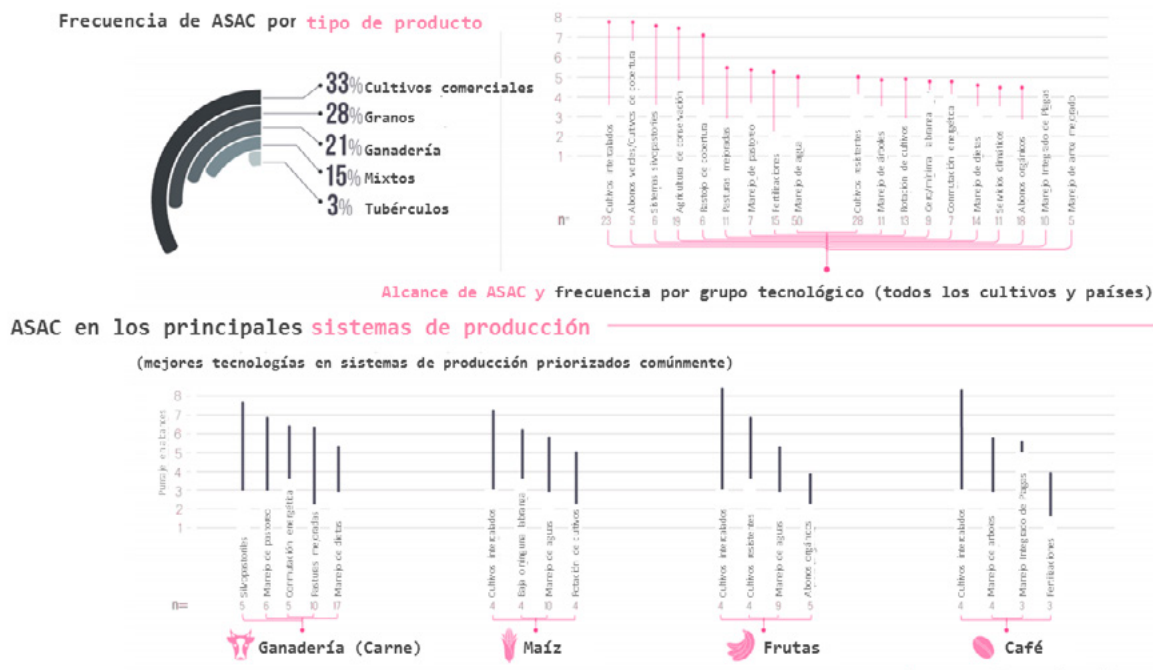
Opciones de adaptación climática en América Latina y el Caribe

Existe una serie de opciones disponibles para que las comunidades rurales y sus instituciones se adapten a un mundo con 2 °C adicionales. Es imposible, y va más allá del alcance de este trabajo, presentar toda la evidencia de la eficacia de dichas opciones, si bien cabe decir que dicha evidencia sigue siendo escasa. No obstante, identificamos 5 opciones generales de adaptación que deberían tomarse en consideración:

- Sistemas de extensión y asesorías (incluido el uso de enfoques basados en TIC).
- Transferencia de conocimiento y tecnología (por ejemplo, semillas mejoradas, prácticas).
- Intensificación sostenible y desarrollo agropecuario con uso eficiente de los recursos.
- Desarrollo de resiliencia socioecológica en comunidades y territorios rurales.
- Servicios climáticos y redes productivas de protección.

Evidencia reciente señala que los mayores beneficios en términos de rentabilidad y resiliencia se dan cuando las opciones se combinan en carteras (Jat *et al.*, 2017), que pueden incluir prácticas agrarias de adaptación con servicios de información y programas de apoyo, tales como seguros contra riesgos meteorológicos. Sova *et al.* (2018) ofrecen una síntesis muy útil de prácticas prioritarias sostenibles adaptadas al clima para América Latina, las cuales se reproducen en la Figura 6. En ella se identifican los cultivos intercalados, abonos verdes, sistemas silvopastoriles, agricultura de conservación y rastrojo de cobertura, como prioridades para lograr la adaptación y mitigación en América Latina y el Caribe.

Figura 6. Opciones prioritarias de agricultura sostenible adaptada al clima identificadas por expertos en 7 países de América Latina y el Caribe (Granada, Perú, Colombia, Costa Rica, Argentina, El Salvador y México).



Fuente: Sova et al. (2018).

Servicios climáticos y redes productivas de protección social

Muchas de las opciones de adaptación mencionadas se discuten en otros capítulos, pero en este proporcionamos una discusión más profunda sobre de los servicios climáticos como una opción de adaptación. Los servicios de información del clima involucran la generación, traslado (en forma de avisos y apoyo para la toma de decisiones), comunicación y uso de dicha información. El acceso a la información climática permite a los productores manejar los riesgos climáticos antes, durante y después de la temporada de producción. La región de América Latina y el Caribe puede y debe aprovechar la creciente atención que los servicios climáticos están recibiendo de la comunidad de investigación e innovación para la agricultura sostenible y de seguridad alimentaria y nutricional (AR4D) en todo el mundo en desarrollo con el apoyo de iniciativas como el Marco Mundial para los Servicios Climáticos.

América Latina y el Caribe ya cuentan con casos interesantes de servicios climáticos ajustados para pequeños productores. Particularmente en Colombia, técnicos e instituciones locales del sector agrario están formulando pronósticos agroclimáticos basados en condiciones específicas por contexto como insumo para hacer recomendaciones mensuales a los productores en las reuniones de las Mesas Técnicas Agroclimáticas. Dichas mesas están creando un entorno de diálogo que reúne conocimiento científico (pronósticos estacionales y resultados de modelos de cultivo) con el conocimiento local (productores, grupos indígenas, técnicos). El propósito de este diálogo es desarrollar recomendaciones a la medida de los productores en cuanto a la fecha de siembra, qué variedad y bajo que prácticas de manejo, diseminadas a través de Boletines Agroclimáticos Locales (Loboguerrero et al., 2018). La región entera puede y debe beneficiarse de esta experiencia.

Las opciones para la reducción del riesgo, tales como las pólizas de seguro, son prometedoras, dado que desempeñan una función importante apoyando la adaptación al cambio climático y desarrollando resiliencia en pequeños productores vulnerables al riesgo (Linnerooth-Bayer y Hochrainer-Stigler, 2015). En particular, los seguros basados en índices protegen a los productores de peligros claramente definidos. Las indemnizaciones se activan por un índice objetivo, como la cantidad de agua que cae en un medidor de precipitación pluvial. Por consiguiente, se elimina la necesidad de visitar fincas individuales para verificar pérdidas, lo cual reduce costos administrativos, rebaja primas y brinda pagos más puntuales. A menudo, la adopción de seguros se mejora grandemente con iniciativas, tales como la combinación de seguros basados en índices con esquemas crediticios y banca móvil. Existe evidencia de que al mejorar la comprensión de los productores y la confianza en los productos de los seguros se puede mejorar su aceptación (Roncoli *et al.*, 2009). El Mecanismo de Seguros contra Riesgos Catastróficos del Caribe es un ejemplo que ha limitado exitosamente el impacto financiero de eventos como huracanes catastróficos, terremotos y lluvias torrenciales en los países del Caribe y América Central. América Latina podría beneficiarse al explorar este mecanismo.

Las redes productivas de seguridad social han probado su potencial para prevenir la pérdida a largo plazo de medios de subsistencia e incluyen transferencias en efectivo y en especie para proteger a las familias. A medida que los riesgos relacionados con el clima incrementen a lo largo de este siglo, seguirá aumentando la necesidad de redes de seguridad en áreas rurales para minimizar los impactos y facilitar la recuperación de dichas áreas de fenómenos extremos. Ya hay varios países que enfrentan niveles bastante extremos de riesgo climático, que han establecido redes productivas de seguridad social para comunidades rurales. Hoy, más de 130 países en desarrollo han hecho de las redes de seguridad un pilar importante de sus políticas de desarrollo (Honorati *et al.*, 2015).

Brechas del conocimiento en I+D

Aunque este artículo intenta sintetizar los impactos de 2 °C más en áreas rurales e identificar algunas medidas prioritarias de respuesta, deja al descubierto las brechas de conocimiento que aún existen con respecto a la comprensión de las implicaciones regionales y locales del cambio climático en comunidades rurales. La investigación debe ser conjunta y aportar enfoques multidisciplinarios e intersectoriales para poder comprender mejor la relación entre el clima y la sociedad, captando el carácter multifacético del problema. Aunque existe certeza significativa de que el clima está cambiando y de que dicho cambio tendrá un amplio rango de impactos en los sistemas agrarios, falta comprender la forma en que los sistemas humanos de las áreas rurales responderán a él. Las ciencias sociales son esenciales para fundamentar el conocimiento de realidades socioeconómicas que son inherentemente complejas y específicas para cada lugar, así como para sintonizar la escala del problema climático con la capacidad de adaptación de las comunidades rurales y sus instituciones.

Una mejor comprensión a partir de la investigación nos ayudará hasta un cierto punto. Es necesario redoblar la I+D sobre nuevas tecnologías en agricultura y seguridad alimentaria para obtener sistemas alimentarios de bajas emisiones y resilientes a la variabilidad y cambio climático. Ello requiere nuevas tecnologías para transformar los sistemas de producción, proporcionar ganancias significativas en eficiencia dentro de las cadenas de valor y suministrar exitosamente alimentos nutritivos a los consumidores rurales y urbanos. Por ejemplo, el Foro Económico

Mundial (WEF, sus siglas en inglés) identificó 10 tecnologías innovadoras para los sistemas alimentarios, muchas de las cuales son relevantes para la adaptación climática (por ejemplo, *big data* y análisis avanzados en materia de seguros, prestación de servicios móviles, Internet de las Cosas, tecnologías de sensores aplicadas a los alimentos, proteínas alternativas). El desarrollo de dichas tecnologías requerirá un aumento significativo del financiamiento de la I+D en el sector alimentario. Asimismo, los servicios personalizados de información para las comunidades rurales son indispensables y ello significa una demanda de mejora en cuanto a la capacidad de pronóstico y mejores modelos de proyección para efectuar evaluaciones ex ante de los impactos climáticos y mecanismos de respuesta. Esto, acompañado de plataformas y tecnologías eficaces de difusión facilitadas por TIC, proporcionaría a las comunidades rurales y sus instituciones mejores herramientas para aumentar su resiliencia a crisis y cambios climáticos.

7. Conclusiones

El cambio climático presenta desafíos significativos que afectan al sector rural. El presente trabajo ha demostrado que el aumento de 2 °C no solo tiene altas probabilidades de ocurrir, sino que en algunas regiones ya se encuentra a la vuelta de la esquina. Los efectos que el clima ha tenido y seguirá teniendo en el desarrollo rural son profundos, tanto por los impactos directos en los sistemas agrícolas y pecuarios como por las consecuencias indirectas del cambio que genera en los contextos sociopolíticos. Con el fin de que la región se encuentre a la altura de los desafíos y permitir a las áreas rurales que se adapten a un mundo con 2 °C más, es necesario tomar medidas conjuntas de investigación y desarrollo en el ámbito mundial y local y en el sector público y privado. Es indispensable que las políticas rurales cuenten con una visión holística e incorporen el cambio climático en sus instrumentos para el desarrollo rural. La información debe fluir libremente *desde* las comunidades que se encuentran en primera línea para comprender de qué manera el clima afecta los medios de subsistencia y debe fluir libremente *hacia* las comunidades para prestarles los servicios de información necesarios para adaptarse de manera eficaz. Es necesario que las instituciones rurales se familiaricen con los riesgos climáticos y que ajusten sus modelos de servicio a sus comunidades, con el fin de garantizar que la adaptación climática sea un componente de sus acciones.

Referencias

- Adger, W.N. 2006.** Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3):268–81.
- Adger, W.N. & Kelly, P.M. 2003.** Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 4.3-4 (1999): 253-266.
- Alferi, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A. Salaman, P. Wyser, K. & Feyen, L. 2017.** Global projections of river flood risk in a warmer world, *Earth's Future*, (5): 171–182.
- Anderson, K. & Bows, A. 2011.** Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934), 20-44
- Baca, M., Läderach, P., Hagggar, J., Schroth, G. & Ovalle, O. 2014.** An Integrated Framework for Assessing Vulnerability to Climate Change and Developing Adaptation Strategies for Coffee Growing Families in Mesoamerica. *PloS ONE* 9 (2): 11.
- Baez, J., Caruso, G. Mueller, V. & Niu, C. 2017.** Droughts Augment Youth Migration in Northern Latin America and the Caribbean. *Climatic Change* 140 (3–4): 423–35.
- Bebber, D.P., Holmes, T. & Gurr, S.J. 2014.** The global spread of crop pests and pathogens. *Global Ecology and Biogeography* 23.12 (2014): 1398-1407.
- Bennett, N.J., Blythe, J. Tyler, S. & Ban, N.C. 2016.** Communities and Change in the Anthropocene: Understanding Social-Ecological Vulnerability and Planning Adaptations to Multiple Interacting Exposures. *Regional Environmental Change* 16 (4): 907–26.
- Berdegú, J. A., Escobal, J., & Bebbington, A. 2015.** Explaining spatial diversity in Latin American rural development: Structures, institutions, and coalitions. *World Development*, 73: 129-137.
- Bertinelli, L., Mohan, P. & Strobl, E. 2016.** Hurricane Damage Risk Assessment in the Caribbean: An Analysis Using Synthetic Hurricane Events and Nightlight Imagery. *Ecological Economics* 124: 135–44.
- Bouis, H.E. & Saltzman, A. 2016.** Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016. *Global food security* 12 (2017): 49-58.
- Bouroncle, C., Imbach, P., Rodríguez-Sánchez, B., Medellín, C., Martínez-Valle, A. & Läderach, P. 2017.** Mapping Climate Change Adaptive Capacity and Vulnerability of Smallholder Agricultural Livelihoods in Central America: Ranking and Descriptive Approaches to Support Adaptation Strategies. *Climatic Change* 141 (1): 123–37.
- Brander, K. 2010.** Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79(3), 389–402.
- Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E. & Ackerman, F. 2008.** The Caribbean and Climate Change: The Costs of Inaction. *Environment*, May: 35.
- Briat, J.F., Dubos, C. & Gaymard, F. 2015.** Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends in Plant Science* 20.1 (2015): 33-40.
- Bryceson, D.F. 2002.** The scramble in Africa: reorienting rural livelihoods. *World development*, 30(5), 725-739.

Burgess, C.P. Patrick, Taylor, M.A., Spencer, N., Jones, J. & Stephenson, T.S. 2018. Estimating damages from climate-related natural disasters for the Caribbean at 1.5 °C and 2 °C global warming above preindustrial levels. *Regional environmental change* 18.8: 2297-2312.

Calvin, K. V., Beach, R., Gurgel, A., Labriet, M. & Rodríguez, A. M. L. 2016. Agriculture, forestry, and other land-use emissions in Latin America. *Energy Economics*, 56: 615-624.

Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) & Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2014. Estado del arte en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria de la República Dominicana.

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. & Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.30: E6089-E6096.

Ceballos G, Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M. & Palmer, T.M. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci Adv* 1:e1400253.

Cerra, V., Cuevas, A., Goes, C. Karpowicz, I., Matheson, T., Samake, I. & Vtyurina, S. 2016. Highways to Heaven: Infrastructure Determinants and Trends in Latin America and the Caribbean.

Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) Columbia University, International Food Policy Research Institute (IFPRI), The World Bank (WB) & Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 2011. Global Rural-Urban Mapping Project, Version 1 (GRUMPv1): Urban Extents Grid. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4GH9FVG>.

Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. & Chettri, N. 2014. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change* 4.4 (2014): 287.

Crane, T.A., Roncoli, C. & Hoogenboom, G. 2011. Adaptation to climate change and climate variability: The importance of understanding agriculture as performance. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 57.3: 179-185.

Crowe, J., van Wendel de Joode, B. & Wesseling, C. 2009. A pilot field evaluation on heat stress in sugarcane workers in Costa Rica: What to do next? *Global Health Action* 2(1): 2062.

d'Amour, C. Bren, Wenz, L., Kalkuhl, M., Steckel, J.C. & Creutzig, F. 2016. Teleconnected food supply shocks. *Environ. Res. Lett* 11.035007:10-1088.

DaMatta, F.M., Grandis, A., Arenque, B.C & Buckeridge, M.S. 2010. Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International* 43.7: 1814-1823.

Davis, J. 2006. Rural non-farm livelihoods in transition economies: emerging issues and policies. *eJADE: electronic Journal of Agricultural and Development Economics*, 3(853-2016-56132): 180.

Ding, Q., Chen, X., Hilborn, R. & Chen, Y. 2017. Vulnerability to Impacts of Climate Change on Marine Fisheries and Food Security. *Marine Policy* 83 (May): 55-61.

Dixon, J.A., Gulliver, A. & Gibbon, D. 2001. Farming systems and poverty: improving farmers' livelihoods in a changing world. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome.

Dobbs, C., Escobedo, F.J., Clerici, N., De Barrera, F., Eleuterio, A.A., MacGregor-Fors, I., Reyes-Paecke, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J.D. & Hernández, J. 2019. Urban Ecosystem Services in Latin America: Mismatch between Global Concepts and Regional Realities? *Urban Ecosystems* 22(1):173–87.

Donat, M.G., Lowry, A.L., Alexander, L.V., O’Gorman, P.A. & Maher, N. 2016. More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions. *Nature Climate Change* 6 (5): 508–13.

Donatti, C.I., Harvey, C.A., Martínez-Rodríguez, M.R., Vignola, R. & Rodríguez, C.M. 2018. Vulnerability of smallholder farmers to climate change in Central America and Mexico: Current knowledge and research gaps. *Climate and Development* 11(3):264-86.

Dosio A., Mentaschi L., Fischer, E.M & Wyser, K. 2018. Extreme heat waves under 1.5 °C and 2 °C global warming. *Environ Res Lett* 13:054006.

Dubbeling, M., Santini, G., Renting, H., Taguchi, M., Lançon, L., Zuluaga, J., de Paoli, L. Rodríguez, A. & Andino, V. 2017. Assessing and Planning Sustainable City Region Food Systems: Insights from Two Latin American Cities. *Sustainability*.

Eakin, H., Tucker, C.M., Castellanos, E. Díaz-Porrás, R., Barrera, J.F. & Morales, H. 2014. Adaptation in a Multi-Stressor Environment: Perceptions and Responses to Climatic and Economic Risks by Coffee Growers in Mesoamerica. *Environment, Development and Sustainability* 16 (1): 123–39.

Eckstein, D., Hutfils, M.L. & Wings, M. 2018. **Global Climate Risk Index 2019.** Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2017 and 1998 to 2017. *Germanwatch*.

Edmunds, P.J. 2019. Three Decades of Degradation Lead to Diminished Impacts of Severe Hurricanes on Caribbean Reefs. *Ecology* 0 (0): e02587. <https://doi.org/10.1002/ecy.2587>.

Eitzinger, A., Läderach, P.R., Gordon, J., Benedikter, A., Quiroga, A., Pantoja, A. & Bruni, M. 2013. Crop Suitability and Climate Change in Jamaica: Impacts on Farmers and the Supply Chain to the Hotel Industry. *Caribbean Geography*, 20–38.

Egeru, A. 2016. Climate risk management information, sources and responses in a pastoral region in East Africa. *Climate Risk Management*, 11: 11-4.

Eitzinger, A., Läderach, P.R., Rodríguez, B., Fisher, B.M., Beebe, S.E., Sonder, K. & Schmidt, A. 2015. Assessing High-Impact Spots of Climate Change: Spatial Yield Simulations with Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Model. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 22 (5): 1–18.

Eitzinger, A., Binder, C.R. & Meyer, M.A. 2018. Risk Perception and Decision-Making: Do Farmers Consider Risks from Climate Change? *Climatic Change* 151: 507–24.

Ericksen, P.J., Thornton, P.K., Notebaert, A.M., Cramer, L., Jones, P.G. & Herrero, M.T. 2011. Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics. *CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)*.

Espinet, X., Schweikert, A., Van Den Heever, N. & Chinowsky, P. 2016. Planning Resilient Roads for the Future Environment and Climate Change: Quantifying the Vulnerability of the Primary Transport Infrastructure System in Mexico. *Transport Policy* 50: 78–86.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2003. Nicaragua frente al Cambio Climático: Parte I Marco Legal e Institucional. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/006/ad447s/ad447s00.htm>

Feola, G., Agudelo Vanegas, L.A. & Con-tesse Bamón, B.P. 2015. Colombian Agriculture under Multiple Exposures: A Review and Research Agenda. *Climate and Development* 7 (3): 37–41.

Ferreira, F.H.G., Messina, J., Rigolini, J., López-Calva, L.F., Lugo, M.A. & Vakis, R. 2013. La movilidad económica y el crecimiento de la clase media en América Latina. The World Bank.

Forero D.A., Urriago H., López-León S., González-Giraldo, Y., de Miranda, D.M., Espinosa Jovel, C.A. 2018. Implementing Genomics in the Care of Neuropsychiatric Patients in Latin America. In: *Genomic Medicine in Emerging Economies*. Elsevier, pp 101–130

Garschagen, M. & Romero-Lankao, P. 2015. Exploring the Relationships between Urbanization Trends and Climate Change Vulnerability. *Climatic Change* 133 (1): 37–52.

**Gasparrini A., Guo Y., Sera F., Vicedo-Cabre-
ra, A.M., Huber, V., Tong, S. & Armstrong,
B., et al. 2017.** Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health* 1(9): e360–7.

Girard, P., Boulanger, J.P. & Hutton, C. 2014. Challenges of Climate Change in Tropical Basins: Vulnerability of Eco-Agrosystems and Human Populations. *Climatic Change* 127 (1): 1–13.

Gotlieb, Y., Pérez-Briceño, P., Hidalgo, H. & Alfaro, E. 2019. The Central American Dry Corridor: A Consensus Statement and Its Background. *Notas de Divulgación Científica* 3(5): 42–51.

Gourdji, S., Mesa, J., Moreno, P., Navarro, C., Obando, D., Fisher, M. & Ramírez-Villegas, J. 2015. Climate change vulnerability in the agricultural sector in Latin America and the Caribbean. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali. CO.

Grau, R. & Mitchell, A.T. 2008. Globalization and Land-Use Transitions in Latin America. *Ecology and Society* 13 (2): 16.

Gregory, P.J., Ingram, J.S.I. & Brklacich, M. 2005. Climate change and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 360(1463), 2139–2148. <http://doi.org/10.1098/rstb.2005.1745>

Grieg-Gran, M., Porras, I. & Wunder, S. 2005. How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America. *World Development*, 33(9 SPEC. ISS.), 1511–1527.

Gurmu, F., Shimelis, H. & Laing, M. 2014. The Potential of Orange-Fleshed Sweet Potato to Prevent Vitamin A Deficiency in Africa. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 84(1–2): 65–78.

Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J. & Corfee-Morlot, J. 2013. Future Flood Losses in Major Coastal Cities. *Nature Climate Change* 3(9): 802–6.

Hamududu, B. & Killingtveit, A. 2012. Assessing Climate Change Impacts on Global Hydropower. *Energies* 5(2), 305–322.

Harrington L.J., Frame D., King A.D. & Otto, F.E.L. 2018. How Uneven Are Changes to Impact-Relevant Climate Hazards in a 1.5 °C World and Beyond? *Geophysical Research Letters* 45: 6672–6680.

- Havlík, P., Schneider, U.A., Böttchen, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., De Cara, S., Kindermann, G., Kraxner, F., Leduc, S., McCallum, I., Mosnier, A., Sauer, T. & Obersteiner, M. 2011. Global land–use implications of first and second–generation biofuel targets. *Energy policy* 39 (10): 5690-5702.
- Herrero, M.T., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P.K., Conant, R.T., Smith, P., Wirsenius, Hristov, A.N., Gerber, P., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T. & Stehfest, E. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, 6(5), 452-61.
- Hickey, C. & Weis, T. 2012. The challenge of climate change adaptation in Guyana. *Clim. Dev.* 4, 66–74.
- Hinkel, J. 2011. Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity: Towards a Clarification of the Science–Policy Interface. *Global Environmental Change* 21 (1): 198–208.
- Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diehhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijjoka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou, 2018. Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems. In: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Honorati, M., Gentilini, U. & Yemtsov, R.G. 2015. The state of social safety nets 2015. [Available on line at <http://documents.worldbank.org/curated/en/415491467994645020/The-state-of-social-safety-nets-2015>] Washington, D.C. World Bank Group.
- Hsiang, S.M., Burke, M. & Miguel, E. 2013. Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science* 341 (6151): 1235367.
- Huang J., Yu H, Dai A., Wei, Y. & Kang, L. 2017. Drylands face potential threat under 2 °C global warming target. *Nature Climate Change* 7: 417–422.
- IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2016. Rural Development Report 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijpllas.2013.08.003>.
- Ingram, K.T., Roncoli, M.C. & Kirshen, P.H., 2002. Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural systems*, 74(3), pp.331-349.
- Inter-American Development Bank. 2014. The next global breadbasket: how Latin America can feed the world
- Inter-American Development Bank. 2016. Aumenta clase media en América Latina y el Caribe pero continúan retos de desigualdad y pobreza infantil. October 24. Available at: <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2016-10-24/clase-media-en-america-latina-alcanza-los-186-millones%2C11611.html>. Accessed 22 March 2019.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Geneva.

IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

IPCC. 2014. 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 [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J.]

Jarvis, A., Ramírez, J., Bonilla-Findji, O. & Zapata, E. 2011. Impacts of Climate Change on Crop Production in Latin America. In: Crop Adaptation to Climate Change, edited by S. S. Yadav, R. Redden, J.L. Hatfield, H Lotze-Campen & A.E. Hall, First Edit, 44–56. Blackwell Publishing Ltd.

Jayne, T.S., Chamberlin, J., Traub, L., Sitko, N., Muyanga, M., Yeboah, F.K., Anseeuw, W., Chapoto, A., Wineman, A., Nkonde, C. & Kachule, R. 2016. Africa's changing farm size distribution patterns: the rise of medium-scale farms. *Agricultural Economics* 47 (1): 197-214.

Joshi, M., Hawkins, E., Sutton, R. & Frame, D. 2011. Projections of when temperature change will exceed 2°C above pre-industrial levels. *Nature Climate Change* 1(8):407–412.

Kjellstrom, T., Briggs, D., Freyberg, C., Lemke, B., Otto, M. & Hyatt, O. 2016. Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annual Review of Public Health* 37: 97-112.

Kennedy, G., Nantel, G. & Shetty, P. 2003. The scourge of "hidden hunger": global dimensions of micronutrient deficiencies. *Food Nutrition and Agriculture* 32: 8-16.

Knutti, R., Rogelj, J., Sedláček, J. & Fischer, E.M. 2016. A scientific critique of the two-degree climate change target. *Natural Geoscience* 9:13–18.

Krellenberg, K., Welz, J., Link, F. & Barth, K. 2016. Urban Vulnerability and the Contribution of Socio-Environmental Fragmentation: Theoretical and Methodological Pathways. *Progress in Human Geography* 41(4):408-431.

Lane, A. & Jarvis, A. 2007. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation. *Journal of SAT Agricultural Research*. 4.

Lehner, F., Coats, S., Stocker, T.F., Pendergrass, A.G., Sanderson, B.M., Raible, C.C. & Smerdon, J.E. 2017. Projected drought risk in 1.5 °C and 2 °C warmer climates. *Geophysical Research Letters* 44(14):7419–7428.

Lerner, A.M. & Eakin, H. 2011. An obsolete dichotomy? Rethinking the rural-urban interface in terms of food security and production in the global south. *The Geographical Journal* 177 (4): 311-320.

Levi, M., Kjellstrom, T. & Baldasseroni, A. 2018. Impact of climate change on occupational health and productivity: a systematic literature review focusing on workplace heat. *La Medicina del Lavoro* 109 (3): 163–179.

- Linnerooth–Bayer, J. & Hochrainer–Stigler, S. 2015.** Financial instruments for disaster risk management and climate change adaptation. *Climatic Change* 133 (1): 85-100.
- Loboguerrero, A.M., Boshell, F., León, G., Martínez–Baron, D., Giraldo, D., Recaman Mejía, L., Díaz, E. & Cock, J. 2018.** Bridging the gap between climate science and farmers in Colombia. *Climate Risk Management* 22: 67-81
- Lowder, Sarah K., Jakob Skoet, and Terri Raney. 2016.** “The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide.” *World Development* 87 (2016): 16-29.
- MacDonald, G., Brauman, K., Sun, S., Carlson, K., Cassidy, E., Gerber, J. & West, P. 2015.** Rethinking Agricultural Trade Relationships in an Era of Globalization. *BioScience*, 65(3): 275-289.
- Magrin, G., Gay García, C., Cruz Choque, D., Giménez, J.C., Moreno, A. R., Nagy, G. J., Nobre, C., Villamizar, A., 2007.** Chapter 10—Latin America. In: Parry ML, Canziano OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds) *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. IPCC AR4 WGII, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 581–685
- McWilliams, J.P., Côté, I.M., Gill, J.A., Sutherland, W.J. & Watkinson, A.R. 2005.** Accelerating Impacts of Temperature–Induced Coral Bleaching in the Caribbean.” *Ecology* 86 (8): 2055–60.
- Mehrabi, Z., Ellis, E.C., & Ramankutty, N. 2018.** The challenge of feeding the world while conserving half the planet.” *Nature Sustainability* 1(8): 409.
- Monier, E., Xu, L., & Snyder, R. 2016.** Uncertainty in future agro–climate projections in the United States and benefits of greenhouse gas mitigation. *Environmental Research Letters* 11(5): 055001.
- Montaña, E., Díaz, H.P. & Hurlbert, M. 2016.** Development, Local Livelihoods, and Vulnerabilities to Global Environmental Change in the South American Dry Andes. *Regional Environmental Change* 16 (8): 2215–28.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S. & Bernanabucci, U. 2010.** Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science* 130 (1–3): 57-69.
- Nawrotzki, R.J., DeWaard, J., Bakhtsiyaraeva, M. & Trang Ha, J. 2017.** Climate shocks and rural-urban migration in Mexico: exploring nonlinearities and thresholds. *Climatic Change* 140(2): 243-258.
- Nerbass, F.B., Pecoits–Filho, R., Clark, W.F., Sontrop, J.M., McIntyre, C.W., Moist, L. 2017.** Occupational heat stress and kidney health: from farms to factories. *Kidney international reports* 2(6): 998-1008.
- O’Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., Carter, T. R., Mathur, R. & van Vuuren, D. P. 2014.** A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic change*, 122(3), 387-400.
- Prager, S.D., Rodríguez De Luque, J., González, C.E. 2016.** Climate change vulnerability in the agricultural sector in Latin America and the Caribbean. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali. CO. 51p.
- Pelling, M. & Uitto, J.I. 2002.** Small Island Developing States: Natural Disaster. Vulnerability and Global Change. *Global Environment Change Part B: Environmental Hazards* 3(2): 49–62.

- Pereira de Lucena, A.F., Salem Szklo, A., Schaeffer, R., Rodrigues de Souza, R., Soares Moreira Cesar Borba, B., Vaz Leal da Costa, I., Olimpio Pereira Júnior, A. & Ferreira da Cunha, S.H. 2009.** The Vulnerability of Renewable Energy to Climate Change in Brazil. *Energy Policy* 37(3): 879–89.
- Pörtner, H.O., D.M. Karl, P.W. Boyd, W.W.L. Cheung, S.E. Lluich-Cota, Y. Nojiri, D.N. Schmidt, and P.O. Zavialov. 2014.** Ocean 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* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, .E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 411-484.
- Qi, L., Bravo-Ureta, B.E., & Cabrera, V.E. 2015.** From cold to hot: Climatic effects and productivity in Wisconsin dairy farms. *Journal of Dairy Science* 98(12): 8664-8677.
- Qin, H., Romero-lankao, P. & Hardoy, J. 2015.** Urban Climate Household Responses to Climate-Related Hazards in Four Latin American Cities: A Conceptual Framework and Exploratory Analysis. *Urban Climate* 14.
- Räsänen, A., Juhola, S., Nygren, A., Käkönen, M., Kallio, M., Monge Monge, A. & Kanninen, M. 2016.** Climate Change, Multiple Stressors and Human Vulnerability: A Systematic Review. *Regional Environmental Change* 16 (8): 2291–2302.
- Reckien, D., Creutzig, F., Fernández, B., Lwasa, S., Tovar-Restrepo, M. & Satterthwaite, D. 2017.** Climate Change, Equity and the Sustainable Development Goals: An Urban Perspective. *Environment and Urbanization* 29(1): 159-182.
- Reguero, B.G., Losada, I.J., Díaz-Simal, P., Méndez, F.J. & Beck, M.W. 2015.** Effects of Climate Change on Exposure to Coastal Flooding in Latin America and the Caribbean. *PLoS ONE* 10 (7): 1–19.
- Reidsma, P., Ewert, F., Oude Lansink, A. & Leemans, R. 2009.** Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: the importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy* 32(1): 91-102.
- Renzaho, A.M.N., Kamara, J.K. & Toole, M. 2017.** Biofuel production and its impact on food security in low and middle income countries: Implications for the post-2015 sustainable development goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78: 503-516.
- Reyer C.P.O., Adams S., Albrecht T., Baarsc, F., Boit, A., Canales Trujillo, N., Carlsburg, M., Coumou, D., Eden, A., Fernandes, E., Langerwish, F., Marcus, R., Mengel, M., Mira-Salama, D. Perette, M. et. al. .2017.** Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Regional Environment Changes* 17(6):1601–1621..
- Rhiney, K., Eitzinger, A., Farrell, A.D. & Prager, S.D. 2018.** Assessing the Implications of a 1.5 °C Temperature Limit for the Jamaican Agriculture Sector. *Regional Environmental Change* 18(8): 2313-2327
- Ribot, J. 2014.** Cause and Response: Vulnerability and Climate in the Anthropocene. *Journal of Peasant Studies* 41 (5): 667–705.

Robinson, S., Mason-D’Croz, D., Sulser, T.B., Islam, S., Robertson, R.D, Zhu, T., Gueneau, A., Pitois, G. & Rosegrant, M.W. 2015. The international model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): model description for version 3. IFPRI Discussion Paper 1483. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Rodríguez, A. G., López, T. T., Meza, L. E., & Loboguerrero, A. M. 2015. Innovaciones institucionales y en políticas sobre agricultura y cambio climático: evidencia en América Latina y el Caribe. CEPAL.

Rogelj, J.D., den Elzen M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Schaeffer, R., Sha, F., Riahi, K. & Meinshausen, M. 2016. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature* 534: 631–639.

Rogelj, J. D., Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Kheshgi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Sférian, M. V. Vilariño. 2018. Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development. In: Global warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. In Press.

Rojas Hernández, J. 2016. Society, Environment, Vulnerability, and Climate Change in Latin America: Challenges of the Twenty-First Century. *Latin American Perspectives* XX (Xxx): 1–14.

Rojas, M., Lambert, F., Ramírez-Villegas, J. & Challinor, A.J. 2019. Emergence of robust precipitation changes across crop production areas in the 21st century. *PNAS* 116(14): 6673-6678.

Roncoli, C., Jost, C., Kirshen, P., Sanon, M., Ingram, K.T., Woodin, M., Somé, L., Ouattara, F., Sanfo, B.J., Sia, C., Yaka, P. & Hoogenboom, G. 2009. From accessing to assessing forecasts: an end-to-end study of participatory climate forecast dissemination in Burkina Faso (West Africa). *Climatic Change* 92: 433-460.

Rubin, O. & Rossing, T. 2012. National and Local Vulnerability to Climate-Related Disasters in Latin America. *Bulletin of Latin American Research* 31 (1): 19–35.

Ruiz-Mallén, I., Schunko, C., Corbera, E., Rös, M. & Reyes-García, V. 2015. Meanings, drivers, and motivations for community-based conservation in Latin America. *Ecology and Society* 20 (3): 33.

Saad, P.M. 2011. Demographic trends in Latin America and the Caribbean. Population aging: is Latin America ready? 43-77.

Safi, A.S., Smith, W.J. & Liu, Z. 2016. Vulnerability to Climate Change and the Desire for Mitigation. *Journal of Environmental Studies and Sciences* 6(3): 503-514

Schleussner, C.F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R., Fischer, E.M., Knutti, R., Levermann, A., Frieler, K. & Hare, W. 2016. Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal. *Nature Climate Change* 6:827–835.

- Schleussner, C.F., Lissner, T.K., Fischer, E.M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K., Mengel, M., Hare, W. & Schaeffer, M. 2016. Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 °C and 2 °C. *Earth System Dynamics* 7:327–351.
- Schleussner, C.F., Deryng, D., Müller, C., Elliott, J., Saeed, F., Folberth, C., Liu, W., Wang, X., Pugh, T.A.M., Thiery, W. et al. 2018. Crop productivity changes in 1.5 °C and 2 °C worlds under climate sensitivity uncertainty.” *Environmental Research Letters* 13 (6): 064007.
- Seneviratne, S.I., Donat, M.G., Pitman, A.J., Knutti, R. & Wilby, R.L. 2016. Allowable CO₂ emissions based on regional and impact-related climate targets. *Nature*, 529(7587):477.
- Seo, S.N. & Mendelsohn, R. 2008. An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms. *Ecological Economics* 67(1): 109-116.
- Seo, S.N., McCarl, B.A. & Mendelsohn, R. 2010. From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. *Ecological Economics* 69(12): 2486-2494.
- Sova, C.A., Grosjean, G., Baedeker, T., Nguyen, T.N., Wallner, M., Nowak, A., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Laderach, P. & Lizarazo, M. 2018. Bringing the Concept of Climate-Smart Agriculture to Life: Insights from CSA Country Profiles Across Africa, Asia, and Latin America. The World Bank.
- Stampini, M., Robles, M., Sáenz, M., Ibararán, P. & Medellín, N. 2016. Poverty, Vulnerability, and the Middle Class in Latin America. (IDB Working Paper Series; 591).
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, Elena M. et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223): 1259855.
- Stephenson, T.S., Vincent, L.A., Allen, T., Van Meerbeek, C.J., et al. 2014. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010. *International Journal of Climatology* 34 (9).
- Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie. 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* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Tacoli, C. 2009. Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility. *Environment and Urbanization* 21(2): 513-525.
- Teh, L.S.L., Teh, L.C.L. & Sumaila, R.U. 2013. A global estimate of the number of coral reef fishers. *PLoS One* 8 (6):(e65397).
- Thiede, B., Gray, C. & Mueller, V. 2016. Climate variability and inter-provincial migration in South America, 1970–2011. *Global Environmental Change* 41: 228-240.

Thomas, D.S.G., Twyman, C., Osbahr, H. & Hewitson, B. 2007. Adaptation to climate change and variability: farmer responses to intra-seasonal precipitation trends in South Africa. *Climatic Change* 83(3): 301-322.

Tompkins, E.L., Vincent, K., Nicholls, R.J., & Suckall, N. 2018. Documenting the State of Adaptation for the Global Stocktake of the Paris Agreement. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, no. February: e545.

United Nations. 2015. "Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development,"

Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. & Ingram, J.S.I. 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 37: 195-222.

Vermeulen, S.J., Aggarwal, P.K., Ainslie, A., Angelone, C., Campbell, B.M., Challinor, A.J., Hansen, J.W., Ingram, J.S.I., Jarvis, A., Kristjanson, P. & Lau, C. 2012. Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environmental Science & Policy* 15(1): 136-144.

Wartenburger, R., Hirschi, M., Donat, M.G., Greve, P., Pitman, A.J. & Seneviratne, S. 2017. Changes in regional climate extremes as a function of global mean temperature: an interactive plotting framework. *Geosci. Model Dev.* 10: 3609–3634.

Wehner, M.F., Reed, K.A., Loring, B., Stone, D. & Krishnan, H. 2018. Changes in Tropical Cyclones under Stabilized 1.5 and 2.0°C Global Warming Scenarios as Simulated by the Community Atmospheric Model under the HAPPI Protocols. *Earth System Dynamics* 9 (1): 187–95.

Wheeler, T. & Von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* 341(6145): 508-513.

White, A., et al. 2010. Seeing people through the trees and the carbon: mitigating and adapting to climate change without undermining rights and livelihoods. *Social Dimensions of Climate Change*: 277.

World Health Organization (WHO). 2016. Vitamin and Mineral Nutrition Information System. World Health Organization (www.who.int)

Wilson, E. O. 2016. Half-earth: our planet's fight for life. WW Norton & Company.

