

EL CAMBIO CLIMÁTICO: POSIBLES IMPACTOS EN LA AGRICULTURA EN EL CONTEXTO DE AMÉRICA LATINA Y VENEZUELA

García Montero, Pedro¹

Recibido: 16-08-2022 Revisado: 08-12-2022 Aceptado: 14-12-2022
<https://doi.org/10.53766/Agroalim/2023.55.10>

RESUMEN

Es un hecho que la agricultura es una actividad productiva altamente dependiente de las condiciones ambientales y muy sensible a la variabilidad climática y al cambio climático. Todos los escenarios descritos sugieren contundentemente que los efectos sobre la agricultura serán severos en América Latina y el Caribe (ALC) y por ende en Venezuela, donde los pequeños productores agrícolas y los de subsistencia resultarían ser los más sensibles y vulnerables para enfrentar los cambios ante la variabilidad del clima. El presente artículo es el resultado de un proceso de revisión de información relacionada con los impactos del cambio climático en el contexto de ALC, con énfasis en Venezuela. Los modelos climáticos proyectan que el cambio climático afectaría negativamente los rendimientos, las áreas cultivadas y las producciones de muchos cultivos en el trópico, además de limitar potencialmente los avances que en materia de seguridad alimentaria se alcanzarían en un escenario sin cambio climático. En los últimos años, el cambio climático ha puesto en evidencia los altos niveles de vulnerabilidad a los que están expuestos los países de la región. El reto a corto plazo para la ALC –y en particular, para Venezuela– es identificar los grados de vulnerabilidad y diseñar medidas adecuadas de adaptación. El cambio climático va a provocar una alteración en las condiciones agroclimáticas del país, en la geografía de la aptitud de las tierras e introducirá a futuro cambios en los sistemas de producción de una gran cantidad de cultivos o la implementación de nuevos rubros agrícolas y sistemas de producción, para lo cual será necesario fomentar líneas de investigación básica en la adaptación de cultivos y prácticas agronómicas ante las futuras condiciones climáticas. Pero también abre oportunidades para nuevos cultivos con potencial de valor agregado vía transformación productiva. No obstante, las acciones de adaptación al cambio climático deben vincularse con las estrategias nacionales de desarrollo y lucha contra la pobreza.

Palabras clave: cambio climático, variabilidad climática, seguridad alimentaria, medidas de adaptación, pequeños productores, América Latina, Venezuela

ABSTRACT

It is a fact that agriculture is a productive activity that is highly dependent on environmental conditions and very sensitive to climate variability and climate change. All the scenarios described strongly suggest that the effects on agriculture will be severe in Latin America and the Caribbean (LAC) and therefore in Venezuela, where small-scale and subsistence farmers will be the most sensitive and vulnerable to changes in climate variability. This article is the result of a process of reviewing information related to the impacts of climate change in the context of LAC, with

¹ Ingeniero Agrónomo (Universidad Central de Venezuela-UCV); Master of Science (University of Florida-UFL, EE.UU.). Profesor a tiempo convencional en los Postgrados de Suelos y de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Agronomía-FAGRO, Universidad Central de Venezuela (Maracay, Venezuela). Consultor Senior en estudios de suelos, inventario y evaluación de recursos naturales, planificación ambiental, evaluación de impacto ambiental, de línea base ambiental, planificación de cuencas hidrográficas, ordenación del territorio, seguimiento y control de proyectos ambientales. *Dirección postal:* Urb. San Luis, Av. Principal, Res. Torre Ana, Piso 1, Apto 1B, El Cafetal. Caracas, 1061, Venezuela. *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0001-8164-6759>. *Teléfono:* +58 212 9854138; *e-mail:* prgm2002@gmail.com

an emphasis on Venezuela. Climate models project that climate change would negatively affect yields, cultivated areas, and production of many crops in the tropics, in addition to potentially limiting the advances in food security that would be achieved in a scenario without climate change. In recent years, climate change has highlighted the high levels of vulnerability to which the countries of the region are exposed. The short-term challenge for LAC – and particularly for Venezuela, is to identify the degrees of vulnerability and design appropriate adaptation measures. Climate change will cause an alteration in the country's agro-climatic conditions, and in the geography of land suitability, by the time it will introduce future changes in the production systems of numerous crops or the implementation of new agricultural products and production systems. Therefore, it will be necessary to promote basic research lines in the adaptation of crops and agronomic practices to future climatic conditions. However, it also opens up opportunities for new crops with potential added value through productive transformation. Hence, actions to adapt to climate change should be linked to national development and poverty reduction strategies.

Key words: Climate change, climate variability, food security, adaptation measures, small producers, Latin America, Venezuela

RÉSUMÉ

Il est un fait que l'agriculture est une activité productive fortement dépendante des conditions environnementales et très sensible à la variabilité et au changement climatique. Tous les scénarios décrits suggèrent fortement que les effets sur l'agriculture seront graves en Amérique latine et dans les Caraïbes (ALC) et donc au Venezuela, où les petits exploitants et les agriculteurs de subsistance seront les plus sensibles et les plus vulnérables aux changements de la variabilité climatique. Cet article est le résultat d'un processus d'examen des informations relatives aux impacts du changement climatique dans le contexte de l'Amérique latine et des Caraïbes, avec un accent sur le Venezuela. Les modèles climatiques prévoient que le changement climatique aurait un effet négatif sur les rendements, les surfaces cultivées et les rendements de nombreuses cultures sous les tropiques, et qu'il limiterait potentiellement les gains de sécurité alimentaire qui seraient obtenus dans un scénario sans changement climatique. Ces dernières années, le changement climatique a mis en évidence les niveaux élevés de vulnérabilité auxquels les pays de la région sont exposés. Le défi à court terme pour l'ALC et en particulier pour le Venezuela est d'identifier les degrés de vulnérabilité et de concevoir des mesures d'adaptation appropriées. Le changement climatique ouvre la voie à de nouvelles cultures présentant un potentiel de valeur ajoutée grâce à la transformation productive. Les actions d'adaptation au changement climatique doivent être liées aux stratégies nationales de développement et de réduction de la pauvreté. Ce scénario permet d'envisager des opportunités pour de nouvelles cultures et pratiques agronomiques face aux conditions agro-climatiques futures via la transformation productive. Cependant, les actions d'adaptation au changement climatique doivent être liées aux stratégies nationales de développement et de lutte contre la pauvreté.

Mots-clés : changement climatique, variabilité climatique, sécurité alimentaire, mesures d'adaptation, petits producteurs, Amérique latine, Venezuela

RESUMO

É facto que a agricultura é uma atividade produtiva altamente dependente das condições ambientais e muito sensível à variabilidade climática e às alterações climáticas. Todos os cenários descritos sugerem fortemente que os efeitos na agricultura serão graves na América Latina e Caribe (ALC) e, portanto, na Venezuela, onde os pequenos agricultores e os agricultores de subsistência estão entre os mais sensíveis e vulneráveis às mudanças na variabilidade climática. Este artigo é o resultado de um processo de levantamento de informação relacionada com os impactos das alterações climáticas no contexto da América Latina e Caribe (ALC), com ênfase na Venezuela. Os modelos climáticos projetam que as alterações climáticas afetariam negativamente os rendimentos, as áreas cultivadas de muitas culturas nos trópicos, bem como limitariam potencialmente os ganhos em segurança alimentar que seriam alcançados num cenário de alterações climáticas. Nos últimos anos, as alterações climáticas evidenciaram os elevados níveis de vulnerabilidade a que os países da região se encontram expostos. O desafio, a curto prazo, para a ALC e, em particular, para a Venezuela consiste em identificar os graus de vulnerabilidade e conceber medidas adequadas de adaptação. As alterações climáticas abrem oportunidades para novas culturas com potencial de valor agregado através da transformação

productiva. As ações de adaptação às alterações climáticas devem estar ligadas às estratégias nacionais de desenvolvimento e de redução da pobreza. Este cenário abre oportunidade para novos cultivos e práticas agronômicas face às condições agroclimáticas futuras via transformação produtiva. Não obstante, as ações de adaptação à mudança climática devem estar vinculadas às estratégias nacionais de desenvolvimento e luta contra a pobreza.

Palavras-chaves: mudança climática, variabilidade climática, segurança alimentar, medidas de adaptação, pequenos produtores, América Latina, Venezuela

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad productiva altamente dependiente de las condiciones ambientales y muy sensible a la variabilidad climática y al cambio climático. El cambio climático puede generar consecuencias significativas sobre la producción agrícola, sobre los medios de vida de las personas que dependen de la agricultura y sobre la seguridad alimentaria y nutricional de la población en general. La agricultura juega un papel relevante en lo que a cambio climático se refiere. Por un lado, es altamente vulnerable a él, afectando negativamente el sector. Por el otro, es responsable de entre el 19% y 24% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) globalmente, lo que la constituye en generadora del problema también (FAO-CIAT-CCAFS, 2018).

En los últimos años el cambio climático ha puesto en evidencia los altos niveles de vulnerabilidad a los que están expuestos los países en América Latina y el Caribe (ALC). Es ya un hecho que la región ha estado notando temperaturas más elevadas y que se han alterado los patrones de las precipitaciones, el nivel del mar y los flujos de agua. Sus efectos serán más severos en los próximos años, por lo que la población deberá buscar alternativas para enfrentar, adaptarse y coexistir en estos nuevos escenarios (López, 2009). El aumento de las temperaturas es más rápido en los ambientes montañosos y los desastres – producto de eventos climáticos– son cada vez más intensos y frecuentes. Cada evento climatológico, desde hace 40 años, ha tenido una progresiva incidencia negativa en el producto interno bruto (PIB) de los países de la región (López, 2009). Se reconoce que la información meteorológica disponible no resulta del todo representativa; más aún, si

se toma en cuenta las particularidades geográficas de regiones como los Andes, por lo que resulta una tarea bastante difícil reconstruir la variabilidad climática del pasado. Esto permitiría resolver la incertidumbre acerca del comportamiento del clima en el futuro y adoptar criterios acertados, con el fin de adoptar medidas de prevención (López, 2009). Si el calentamiento continúa más allá de la mitad del siglo, la producción en todas las regiones del planeta se verá afectada de manera negativa y la vulnerabilidad de los países dependerá, entre otras cosas, de sus condiciones geográficas y del tipo de cultivos que produzcan o puedan producir (López y Hernández, 2016). El conocimiento científico existente es relativamente sólido en su capacidad de proyectar con los modelos los efectos que cambios en temperatura y precipitación tendrán en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, es menos capaz de proveer información sobre las consecuencias del cambio climático en las enfermedades y pestes que afectan a la agricultura, así como los potenciales impactos en las distintas poblaciones humanas y como estas responderán a tales efectos. En el transcurso del siglo XXI los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos por reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria. No obstante, tales efectos no serán uniformes entre países ni al interior de los mismos (López y Hernández, 2016).

Siendo un fenómeno de largo plazo, cuyos efectos serán incluso más intensos en la segunda mitad de este siglo, su solución implica la necesidad de actuar con urgencia en el presente (Galindo *et al.*, 2014). Los cambios ambientales proyectados tienen el potencial de afectar la

productividad agrícola y la seguridad alimentaria. Tales alteraciones en las temperaturas y en los patrones de lluvias podrían ocasionar que territorios actualmente aptos para la siembra de algunos cultivos dejen de serlo en las próximas décadas (Galindo *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2016; Jarvis *et al.*, 2020). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2016), estos resultados sugieren que el cambio climático puede ocasionar alteraciones importantes en la frontera agrícola y, por tanto, en los sistemas socioeconómicos. Estas proyecciones deben interpretarse como posibles escenarios que podrían presentarse, dados los supuestos planteados en las distintas etapas de la modelación, tales como corresponde a los crecimientos poblacionales y económicos que atañen a la productividad agrícola y los cambios que se dan en el clima. A pesar de la incertidumbre que se presenta en este tipo de trabajos asociados con resultados basados en modelos climáticos, existe un conjunto consistente de evidencias que señala que el cambio climático puede tener un impacto significativo sobre los mercados agrícolas, así como sobre la seguridad alimentaria (Rodríguez *et al.*, 2016). De acuerdo con la FAO-CIAT-CCAFA (2018), los cambios en los patrones de las precipitaciones, temperaturas y vientos, así como el aumento de la intensidad y frecuencia de eventos meteorológicos extremos ampliarían el riesgo de desastres que afectarán a la agricultura.

López (2009) señala que desde 1939 la temperatura en la región de los Andes tropicales se ha incrementado a un ritmo promedio de 0,10 a 0,11 °C por década. Entre 1978 y 1998 el comportamiento cambió y se observó un incremento promedio de entre 0,32 °C y 0,34 °C por década. En general, el comportamiento de la temperatura promedio en la región, a finales de la década de 1990 refleja un aumento de aproximadamente 1 °C en Sudamérica y de 0,5 °C en Brasil. Además de una mayor temperatura mínima y de los cambios en las precipitaciones, se ha observado un aumento notable de eventos climáticos extremos: su frecuencia se incrementó en 2,4 veces entre 2000 y 2005, respecto al periodo 1970-1999. El 19% de los eventos extremos registrados en los primeros cinco años del siglo XXI

representaron pérdidas económicas cuantificadas en US\$ 20 mil millones y en los últimos 40 años los daños por fenómenos hidrometeorológicos superaron los US\$ 80 mil millones, incidiendo de forma directa en el gasto (López, 2009).

Los modelos climáticos de la región muestran que, según el escenario de emisiones más optimista (RCP 2.6), el aumento medio de temperatura proyectado al año 2100 es de alrededor de 1 °C, con respecto al periodo 1986-2005 en todas las subregiones. Incluso es probable que dicho aumento se observe en algunas regiones durante la primera mitad del siglo XXI (Galindo *et al.*, 2014). A finales del siglo XXI, los Andes tropicales podrían experimentar un calentamiento masivo del orden de 4,5-5,0 °C, ocasionando la pérdida de cultivos importantes como las hortalizas (Vuille *et al.*, 2008; Peralvo, Bustamante, Cuesta y Becerra, 2012). Los cambios son evidentes en América Latina y el Caribe, observándose que el promedio de temperatura del periodo 2000-2016 es 0,7 °C superior al promedio del periodo 1901-1995 y que los fenómenos climáticos extremos, como las sequías y las inundaciones, son más frecuentes. Las alteraciones climáticas son evidentes, habiendo indicios de que las últimas tres décadas han sido progresivamente más cálidas, siendo probable que el periodo 1983-2019 haya sido el de mayor temperatura en los últimos 1.400 años. Sin embargo, el problema radica en que la velocidad del calentamiento global y sus consecuencias desbordan la capacidad de los sistemas sociales y económicos para adaptarse a ese cambio. No modificar los factores causales, sobre todo la quema de combustibles fósiles, agrava el problema y posterga la adopción significativa de patrones alternativos de inversión, producción y consumo (Bárcena, Samaniego, Peres y Alatorre, 2020).

En general, los estudios confirman la hipótesis de que la agricultura tropical y subtropical de los países en desarrollo es más sensible al clima que la agricultura templada. Incluso un calentamiento marginal inducirá daños en los cultivos en América Latina. Si los escenarios climáticos resultan ser relativamente cálidos y secos, causarán muchos daños a las explotaciones agrícolas de los países de baja

latitud. Sin embargo, si los escenarios climáticos resultan ser relativamente suaves y húmedos, solo habrá daños modestos y quizás incluso efectos beneficiosos (Mendelsohn, 2008). En el lado este de los Andes, las precipitaciones en América del Sur han demostrado una tendencia al alza. Basados en las proyecciones y modelos climáticos de organismos internacionales como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), se ha podido deducir que los impactos del cambio climático en las regiones del trópico y subtropical llegarían a ser considerables con el aumento de 1,7 °C en la temperatura promedio, llegando a ser graves con un incremento de 2-2,5 °C para el año 2080. La producción agrícola regional –y, por ende, la seguridad alimentaria–, debe enfrentarse a varios retos para mantenerse estable, entre ellos los desastres y/o fenómenos naturales que afectan directamente a la producción. El sector pesquero, por ejemplo, se considera un pilar de la alimentación en la región de ALC debido al aporte de su valor nutricional derivado de sus productos. No obstante, el cambio climático impactará de manera profunda el sector pesquero en la medida que continúe el aumento de la temperatura del agua, la salinidad y acidez del océano, variaciones en los regímenes de precipitación y el recrudecimiento de fenómenos como el del niño, derivando en la modificación de los ecosistemas marinos. Esto afectará el sustento y seguridad alimentaria de las comunidades dependientes de esta actividad (FAO-CIAT-CCAFS, 2018). Con 1,1 °C de calentamiento global que tenemos en la actualidad ya se evidencian perturbaciones en los ecosistemas. Los impactos del cambio climático son más peligrosos y extendidos de lo que se esperaban, y hay ecosistemas que están llegando al límite en los que no hay posibilidad de adaptación (OEP Venezuela, 2022).

2. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE AMÉRICA LATINA Y VENEZUELA

López (2009) plantea que la agricultura es uno de los sectores más sensibles a la variabilidad del clima y, por lo tanto, probablemente será el más afectado. Los cambios inciden en la

seguridad productiva y amenazan la seguridad alimentaria. Muchas regiones de ALC podrían sufrir reducciones severas en su producción agrícola, debido a la susceptibilidad de los rendimientos de los rubros agrícolas a los cambios de temperatura y la disponibilidad de agua de las aguas de lluvia y para riego. En muchos casos, los cultivos han empezado a sufrir procesos de migración, debido a las nuevas condiciones de temperatura y humedad que se reproducen en nuevas regiones. Debido a que la agricultura de subsistencia es común en la región andina, los pobres resultarían ser los más afectados; más aun considerando la ausencia de un apoyo eficiente y la falta de capacidades y recursos para enfrentar impactos como la pérdida de cultivos, de suelos y de infraestructura, así como la escasez de agua. Para el año 2055 se proyecta que muchos pequeños productores en Sudamérica sufrirán una baja en la producción de maíz, calculada entre un 10-20%, en promedio. Incluso se sugiere que habría zonas como el piedemonte en Venezuela, donde el rendimiento del maíz se reduciría hasta en un 100%, obligando a trasladar la producción a otras zonas. Es posible prever que la migración a las ciudades se incrementará y provocará nuevas dinámicas de miseria y pobreza. De acuerdo con Peralvo *et al.* (2012), los Andes Tropicales será una de las regiones identificadas como altamente sensible y expuesta a los efectos del calentamiento global.

Rodríguez *et al.* (2016), señalan que el cambio climático tiene el potencial de afectar los rendimientos, el área cultivada y la producción agrícola. Además, dichos impactos son específicos para cada cultivo y país y es notable que su impacto mediano sería negativo en los rendimientos, el área cultivada y la producción de cultivos como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine max*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (género *Triticum*) y maíz (*Zea mays*). El impacto negativo del cambio climático sobre los rendimientos provocaría que los agricultores, además de intensificar el uso de prácticas de manejo, aumentarían el área cultivada. Las presiones del cambio climático sobre la producción agrícola generarían incrementos en el crecimiento de los precios del arroz, el trigo, el maíz, el frijol y el arroz.

En América Latina y el Caribe la producción de maíz, cultivo fundamental en la dieta de la población, se verá afectada por una reducción en su rendimiento de al menos un 10% para mediados del presente siglo. Al nivel regional los impactos del cambio climático sobre el crecimiento de los rendimientos y las áreas cultivadas generarían una caída mediana en el crecimiento de las producciones de 34,3% para cultivos como el frijol, maíz y arroz, respecto al escenario que no involucra cambios en el clima –tal como se muestra en la Tabla N° 1–, siendo Venezuela uno de los países negativamente afectados. Al nivel regional la producción de arroz sería el rubro que presente mayores caídas respecto al escenario sin cambio climático, cultivo vital por proveer más calorías a la dieta de los habitantes que el trigo, el maíz, la yuca (*Manihot esculenta*) y la papa (*Solanum tuberosum*). Esta disminución del crecimiento de la producción de arroz podría afectar la seguridad alimentaria regional (Rodríguez *et al.* 2016). Se proyecta que los impactos afectarán de manera desproporcionada el bienestar de los pobres en zonas rurales haciendo más difícil el combate a la pobreza. Adicionalmente, el cambio climático afectará la seguridad alimentaria al impactar la disponibilidad y acceso a alimentos, así como la estabilidad de las reservas de alimentos y la volatilidad de los precios. Al interior de los países en desarrollo los pequeños agricultores serán los más afectados, dado su bajo acceso a tecnologías, insumos, información y recursos monetarios para tomar medidas de adaptación (López y Hernández, 2016).

De acuerdo con FAO-CIAT-CCAFS (2018), en las últimas tres décadas la productividad agrícola mundial ha tenido caídas que fluctúan entre 1 y 5%. Estos cambios implicarían un impacto enorme en la agricultura, lo que dejaría como resultado que alrededor de 36 millones de personas estén en riesgo alimentario, debido a la pérdida de la estabilidad de la producción agrícola en la región. Los resultados de modelación en la proyección del porcentaje de cambio en los rendimientos a futuro muestran, en el caso del cultivo de maíz, una reducción en los rendimientos especialmente en condición de sequía. El efecto más negativo se concentra especialmente en el norte de Venezuela. Para la caña de azúcar, en un escenario futuro con cambio climático, se prevé una merma importante en la producción e incluso reducción de áreas sembradas. Las áreas que se convierten en no aptas se ubican especialmente al suroeste de México, Norte de Venezuela y algunas regiones en Brasil. El porcentaje de área que pasará a un régimen de suelos más árido llegaría a un 21%, mientras que las zonas que pasan a un régimen más húmedo escasamente alcanzarán un 2%. El grado de vulnerabilidad a la desertificación variaría entre muy alto para 8% de las tierras en ALC (equivalentes a 1.6 millones de km²), alto para un 13% de las tierras (equivalente a 6 millones de km²) y grado medio de vulnerabilidad, para un 30% de la superficie terrestre de la región (FAO-CIAT-CCAFS, 2018). De acuerdo con la Oficina Regional de la FAO, la variabilidad climática y eventos

Tabla 1

Países con potencial de afectación climática negativa, de acuerdo con tres de los cultivos fundamentales en la región (maíz, arroz y frijol)

Rubro	País
Maíz	Belice, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Guayanas, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela
Arroz	Argentina, Belice, Brasil, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Las Guayanas, Honduras, México, Panamá y Uruguay
Frijol	Belice, Bolivia, Colombia, Cuba, El Salvador, otros países del Caribe, Paraguay y Venezuela

Fuente: Rodríguez *et al.* (2016)

extremos en la región generarán para mediados del presente siglo una serie de impactos que derivarán en: i) detrimento del rendimiento de cultivos fundamentales como el maíz, la soja, el trigo y el arroz, que para la década entrante representará pérdidas de ganancias por exportaciones entre US\$ 8.000 y 11.000 millones; ii) presión para adaptar zonas no agrícolas para producir alimentos; iii) cambio en los usos del suelo que afectarán el valor de la propiedad rural, derivando en efectos socioeconómicos para la región; y, iv) disminución de las exportaciones agrícolas que llegarán a unos 50.000 millones de dólares para el año 2050, en caso que se continúe la intensidad de eventos extremos por variabilidad climática (FAO-CIAT-CCAFS, 2018). Un aumento de la temperatura de 2-3 °C reducirá el PIB mundial alrededor de un 1,5%, impacto que será heterogéneo en los distintos países. El sector agrícola sigue teniendo una importancia estratégica en la región y es un hecho que una parte significativa de la pobreza más intensa se concentra en las áreas rurales (Bárcena *et al.*, 2020).

De acuerdo con Jarvis *et al.* (2020), en un planeta con un incremento de temperatura mayor que 2 °C, en América Latina y el Caribe (ALC) el impacto repercutiría en las regiones costeras desde la República Bolivariana de Venezuela hasta Brasil. El estudio 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. La temprana superación del umbral (~2025) se da en la mayor parte de la cuenca del Amazonas, el centro de Brasil, en Bolivia, los Andes peruanos, la República Bolivariana de Venezuela y el oriente de Colombia. En un escenario de cambio climático con 2 °C o más, las poblaciones más vulnerables en el área rural, estarían menos preparadas para enfrentar dichos impactos en la productividad agrícola, así como en los patrones de cultivo. En ALC, los impactos del cambio climático en cultivos como el maíz, arroz, frijol, trigo, sorgo, yuca, banano y caña de azúcar afectarán los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria y los ingresos de las poblaciones rurales. Jarvis *et al.* (2020) señalan que 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 proyecta de acuerdo con la modelación que la altitud apta para cultivar café cambiará del rango actual de 800-1.400 a 1.200-1.600 metros sobre el nivel del mar.

Lozano-Povis, Álvarez-Montalván y Moggiano-Aburto (2021), a partir de una serie de estudios realizados en varios países de ALC, indican que el cambio climático en los Andes provocará que países como Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela incrementen su temperatura local, el potencial de evapotranspiración y la escasez de agua, ocasionando la pérdida de cultivos importantes como las hortalizas. Destacan que las montañas son las áreas más susceptibles al cambio climático, aunque la escasez de datos meteorológicos limita la comprobación de esta información. De acuerdo con Buytaert y Ramírez-Villegas (2012), la discrepancia entre los resultados de los modelos es muy alta en la región andina, especialmente en el caso de la precipitación. Ello se atribuye a las diferencias en la topografía y a los procesos climáticos en las zonas de montaña. Aunque las predicciones estiman un incremento de precipitación, varios modelos predicen una disminución dramática, de tal manera que no hay acuerdo entre los modelos en cuanto a los cambios de precipitación. Se espera un incremento de la precipitación sobre los Andes hasta de 10%, junto con un incremento de la temperatura de alrededor de 1°C (según un escenario A1B, de moderadas emisiones, período 2010-2039) y hasta 3 °C (en un escenario A2, sin control de las emisiones, período 2040-2079).

2.1. CAMBIOS TERRITORIALES EN LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS Y EN LAS APTITUDES DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS DE VENEZUELA

Para diferenciar geográficamente las variaciones en las condiciones climáticas de Venezuela y los impactos del cambio climático, se consideran dos grandes geoambientes: i) las áreas montañosas o tierras altas, con énfasis en la región andina donde se concentra la mayor extensión de agricultura de piso alto; y, ii) las tierras bajas de las grandes planicies (aluviales y costeras

y la altiplanicie de mesa) y la parte norte del escudo Guayanés.

2.1.1. TIERRAS ALTAS DE LAS ÁREAS MONTAÑOSAS

Para finales del siglo XXI según autores como Vuille *et al.* (2008) y Peralvo *et al.* (2012), los Andes tropicales podrían experimentar un calentamiento prolongado del orden de 4,5-5,0 °C, con un aumento de la temperatura que se acentúa en las zonas más altas, ocasionando la pérdida de cultivos importantes como las hortalizas. De acuerdo con Buytaert y Ramírez-Villegas (2012), en un escenario moderado de emisiones para el periodo 2010-2039, se proyecta un incremento de la precipitación sobre los Andes hasta de 10% y un incremento de la temperatura de alrededor de 1°C. Por su parte, en un escenario extremo de emisiones, el aumento de la temperatura sería de hasta 3°C para el lapso 2040-2079. Se espera un aumento de la evapotranspiración, un aumento de los requerimientos de agua para la producción de cultivos, acrecentando a su vez la demanda de agua para riego (De Bièvre, Bustamante, Buytaert, Murtinho y Armijos, 2012).

Según los estudios realizados en varios países de ALC se concluye que, el cambio climático en los Andes provocará que, países como Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, incrementen su temperatura local, el potencial de evapotranspiración y la escasez de agua, ocasionando la pérdida de cultivos importantes como las hortalizas. Se proyecta de acuerdo con los modelos climáticos un aumento en las lluvias durante la estación húmeda y una disminución durante la estación seca (Lozano-Povis *et al.* 2021). Para Pérez *et al.* (2010), en los últimos 50 años se ha observado un ascenso del piso altitudinal en el límite superior de la agricultura de alta montaña. Estos autores estiman que tal tendencia continuará a lo largo del siglo, con un aumento general de al menos 500 metros. Consideran que el riesgo para las comunidades andinas en el corto plazo no es tanto la reducción de la disponibilidad de agua en general, sino más bien un cambio en la distribución estacional y en la regularidad del suministro de agua, junto con un incremento de lluvias torrenciales durante la época de lluvia

y una disminución de los flujos mínimos durante la temporada de sequía. Esto puede tener importantes consecuencias en la erosión de los suelos y en la calidad y disponibilidad de agua para el consumo doméstico y la agricultura. Los impactos del cambio climático en forma de precipitaciones más severas, el aumento de la frontera agrícola hacia pisos más altos y la intensificación de la agricultura, generarían sistemas de producción más vulnerables a la erosión de suelo, lo cual ya es una amenaza manifiesta para las comunidades andinas (Fotos N° 1, N° 2 y N° 3). Esta sostenida ampliación altitudinal de las actividades agrícolas se convierte en una amenaza para los relictos de ecosistemas naturales –bosques nublados, páramos–, los cuales serán intervenidos para satisfacer la demanda de tierras para cultivos (Fotos N° 4 y N° 5).

De acuerdo con Peralvo *et al.* (2012), los Andes Tropicales será una de las regiones identificadas como altamente sensibles y expuestas a los efectos del calentamiento global. En esta región los modelos climáticos de circulación global (GCM) sugieren cambios fuertes en las condiciones climáticas actuales a



Foto 1. Expansión altitudinal de la agricultura con cultivos hortícolas, en estado Mérida (Fuente: Pedro García)



Foto 2. Ampliación altitudinal de la frontera agrícola en vertientes muy escapadas, de alta susceptibilidad a la erosión, en el estado Mérida (Fuente: Pedro García)



Foto 4. Bosque nublado, potencialmente amenazado ante la expansión del cultivo del café, en el estado Táchira, Venezuela (Fuente: Pedro García)



Foto 3. Ampliación de la frontera agrícola en ecosistema de páramo, en el estado Mérida, Venezuela (Fuente: Pedro García)



Foto 5. Ecosistema de páramo, vulnerable al proceso de expansión altitudinal de la agricultura hortícola, en el estado Mérida, Venezuela (Pedro García)

lo largo de la Cordillera, con mayores cambios en las partes más altas, donde las alteraciones de las condiciones climáticas serían mayores y la exposición a los impactos se incrementaría. Vuille (2013) afirma que los futuros cambios en términos de la cantidad de precipitación y su estacionalidad también afectarán los ecosistemas de los páramos, al aumentar la sequía del suelo. Esto a su vez alterará la descomposición de la materia orgánica, reducirá la capacidad de retención de agua del suelo y, en consecuencia, podría aumentar la variabilidad de los caudales y sus posibilidades de aprovechamiento agrícola para otros cultivos de piso alto (papa; zanahoria –*Daucus carota* L.– y otros).

2.1.2. TIERRAS BAJAS

Según el estudio realizado por Ovalles, Cortez, Rodríguez, Rey y Cabrera-Bisbal (2008), la mayor parte de las tierras bajas agrícolas del país van a estar afectadas por déficit hídrico. En efecto, en la Región Oriental desaparecerán zonas húmedas a expensas de zonas subhúmedas y gran parte de las zonas subhúmedas se convertirán en zonas secas. En la Región Centro-Occidental se incrementarán las zonas secas y los problemas de erosión. La mayor parte de la Región Occidental se convertirá en subhúmeda, territorio donde los cultivos permanentes serán los más afectados.

Medina, Velásquez y Hernández (2016) concluyeron que el cambio climático generará para el norte de Suramérica la expansión de las zonas secas, con proyecciones de una ampliación substancial de las áreas donde la sequía estacional va a ser cada vez más manifiesta. Estos autores, aplicando el Índice de Bailey, estimaron para el país una expansión considerable de las áreas con balance hídrico anual negativo. Así, indicaron que las categorías de semiárido incrementarán en unos 106.000 km²; las de subhúmedo seco localizadas especialmente en la región noroccidental (Zulia y Falcón) y los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas, harán lo propio en unos 107.000 km². El mayor incremento absoluto en áreas de la provincia árida se observa en los estados Falcón, Zulia y Lara. Por su parte, los estados Anzoátegui, Cojedes y Monagas tendrán un incremento de áreas semiáridas mayores a

10.000 km², derivado de la reducción de áreas subhúmedas secas, mientras que el estado Guárico experimentará incrementos mayores de áreas semiáridas y subhúmedas secas. Las provincias de humedad con mayor variabilidad en los cambios absolutos son las subhúmedas –seca y húmedas–, mientras que la provincia húmeda presenta reducciones en todos los estados. La excepción sería Bolívar, donde incrementa como resultado de la reducción de la extensión de la provincia hiperhúmeda.

En un estudio conducido por Silva y Mendoza (2019) se evaluaron los cambios espaciales del clima en los Llanos Venezolanos, según la clasificación de Köppen. Los resultados revelaron una reducción del espacio ocupado por los climas húmedos y el aumento de los climas secos a mediano y largo plazo para ambos escenarios futuros en comparación al periodo de referencia, atribuido a cambios probables en el comportamiento de las precipitaciones. La proporción ocupada por los climas secos sería menor para el escenario RCP 4.5 (escenarios de estabilización de las emisiones de GEI), que para el RCP 8.5 (escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI). Estos resultados permitieron inferir que, para ambos escenarios, habrá efectos adversos en los ecosistemas naturales de la región. Los resultados de la clasificación climática de Köppen muestran significativas coincidencias con las estimaciones realizadas por Ovalles *et al.* (2008) y por Medina *et al.* (2016). En relación con las proyecciones futuras, los resultados permiten deducir la desaparición del clima tropical húmedo (Af) y el aumento del clima Bsh (semiárido cálido). Ello indicaría una reducción de las precipitaciones en las zonas más húmedas, así como el aumento del número de meses secos para la mayoría del territorio y de la variabilidad espacial de las precipitaciones –que se acrecentarían y disminuirían de forma muy concentrada en algunas zonas de los Llanos–.

En opinión de Rodríguez (2021), conforme a los resultados de modelo de simulación del clima las variaciones de los patrones de temperatura y precipitaciones, se estima que en Venezuela habría hacia mediados de siglo un aumento entre 1,5 y 2 °C de la temperatura media y una disminución de 15 a 20% de la

precipitación media. Tales cambios van alterar los periodos de siembra, al tiempo que favorecerán las condiciones para el ataque de plagas a los cultivos y que van a significar fisiológicamente un estrés adicional tanto para los cultivos como para el ganado. Estos efectos incidirán en una pérdida de productividad, en el aumento del precio de los alimentos, afectarán los ingresos del sector agrícola y desmejorarán la calidad de vida. Por otra parte, los fenómenos climáticos extremos –lluvia intensas o persistentes y sequías, con sus consecuencias de crecidas de ríos, inundaciones y pérdida de fertilidad de los suelos– serán más frecuentes e intensos y también ocasionarán pérdidas importantes en la agricultura.

2.2. IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE VENEZUELA

El impacto del cambio climático se hará sentir significativamente en el país, en virtud de que 94,3% del aprovechamiento agrícola de las tierras se realiza bajo las condiciones naturales del clima –i.e., agricultura de secano– y solo 5,7% de las tierras agrícolas se aprovechan bajo riego (Ovalles *et al.*, 2008).

2.2.1. TIERRAS ALTAS DE LAS ÁREAS MONTAÑAS

Las estimaciones de Zapata-Caldas, Jarvis, Ramírez y Lau (2012) en términos de área cosechada en la región andina, incluyendo a Venezuela, señalan que los cultivos que potencialmente se verían más afectados por los efectos del cambio climático desde ahora al año 2050 serían café y papa. Para este último cultivo la situación sería la más grave, con una pérdida proyectada de más de 1,3 millón de toneladas. Por su parte, el café tendría una pérdida proyectada de casi 57 mil toneladas. De acuerdo con el estudio, para la región andina los porcentajes de área potencial con pérdida de aptitud climática reportados en toda la región serían en el año 2050: 72,1% para café, 83,2% para frijol, 64% para papa, 79,3% para tomate (*Solanum lycopersicum*) y 74,3% para trigo, entre otras cifras llamativas.

Según estos autores, Venezuela representaría el caso más grave de los países de los Andes tropicales, pues 19 de 25 cultivos comunes seleccionados presentarían pérdida de aptitud

climática a futuro en los escenarios moderado o extremo de emisiones. Los resultados de la modelación de cinco cultivos seleccionados señalan que el tomate sería el cultivo más crítico, por sus pérdidas en aptitud climática, seguido del trigo, el frijol, el café y la papa. En términos económicos se debe mencionar que Venezuela y Colombia serían los países mayormente afectados, siendo los cultivos de café y papa para los que se proyectan las peores situaciones.

Más específicamente, Paredes y Chacón-Moreno (2021) desarrollaron modelos espaciales en escenarios de cambio climático para proyectar la distribución potencial de cultivos en el estado Mérida. Según los autores los modelos espaciales actuales indican un alto potencial climático para la distribución de cultivos de papa y café de sombra, aunque existen áreas idóneas específicas para los cultivos de cacao y plátano. No obstante, en los escenarios de cambio climático el café disminuiría el área apta, mientras que el cultivo de papa pierde el 69% del área potencial para el año 2100. En el caso del café cualquier cambio en la precipitación traerá consigo una reducción de las áreas con aptitud climática, un ascenso en el gradiente altitudinal, un aumento proyectado de nuevas áreas potenciales. Sin embargo, las áreas potenciales –según las condiciones climáticas idóneas– son a altitudes intermedias, ubicándose en zonas agrícolas del Valle del Mocotíes y de los Pueblos del Sur de dicho estado. Para los cultivos de papa y zanahoria las áreas espaciales potenciales –según las condiciones climáticas– se ubican por encima de los 2.000 m en zonas agrícolas del páramo (Paredes y Chacón-Moreno, 2021).

La papa experimentaría pérdidas de aptitud importante solo en Venezuela (cerca de 5%); también será vulnerable al calor que afecta el desarrollo de la planta y del tubérculo, lo que provocará una caída en los rendimientos, según Postigo *et al.* (2012). La temperatura y humedad crecientes favorecerán el desarrollo del tizón tardío de la papa, una de las plagas que más daño puede provocarle a este tubérculo y que podría extenderse a zonas ubicadas por sobre los 3.000 m (en donde hoy en día es inexistente). Las estimaciones de los cambios en las variables

climáticas, sugieren que en la región de los Andes tropicales la productividad de la agricultura podría descender entre un 12 y un 50% (Ortiz, 2012).

2.2.2. TIERRAS BAJAS

Según Zapata-Caldas *et al.* (2012), los cultivos que tendrían condiciones positivas de aptitud climática serían arroz, banano, plátano, sorgo, tomate y yuca en escenarios moderada o extrema emisión de GEI. En el análisis de los 25 cultivos realizado para la región andina se identificaron los países con situaciones más críticas y se describió desde la peor situación hasta la mejor, obteniendo como resultado el siguiente orden: Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú. El análisis regional de los cambios potenciales en la extensión de provincias de humedad en Venezuela, de acuerdo con Medina *et al.* (2016), revela diferencias de interés agrícola para cuatro rubros críticos: maíz, caña de azúcar, arroz y yuca. Se estima que en el 2050 en el estado Portuguesa alrededor de 10.260 km² (68% de su superficie) pasarán a ser zonas secas afectando a los rubros de secano que se producen en esta entidad. Para el caso del cultivo de la yuca en Monagas el principal productor de este rubro, el aumento en zonas secas previstos para el 2050 alcanzaría el 75% de su extensión, impactando negativamente la producción de este cultivo. Evidentemente, estos cambios afectarán la producción y/o superficie cultivable de estos cinco rubros, y obligarán a la reubicación de los mismos a zonas en donde se puedan satisfacer sus requerimientos agroecológicos, a menos que se cuente con una fuente de agua suficiente. Los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el arroz presentan los mayores valores de coeficientes de cultivo (Kc), con una mayor exigencia de agua, mientras que la yuca tiene las menores demandas asociadas a su mayor eficiencia de uso de agua confiriéndole una ventaja sobre el resto como rubro a desarrollar como fuente de carbohidratos ante estos escenarios de incrementos de las zonas áridas y semiáridas (Medina *et al.* 2016).

Para el cacao, en un escenario con trayectoria estricta de emisiones se evidencia alta pérdida de las áreas potenciales, pero

manteniendo una pequeña área para el 2100. Sin embargo, en un escenario de emisiones continuas para el año 2100, el cultivo de cacao desaparecería para el estado Mérida (Paredes, 2014). Según Olivares, Rey, Lobo, Gómez y Landa (2019), en el caso de las zonas bananeras del país se evidencia –en general– un futuro más seco. En la Región Central se proyecta que el déficit hídrico aumentará de 1.000.000 ha a 4.700.000 ha. En relación con el cultivo de plátano, Paredes (2014) apunta que cualquier cambio en la precipitación por efecto de cambio climático afectaría la distribución de las áreas potenciales, hasta la desaparición de las áreas actuales, lo cual es indicio de ser un cultivo sensible a cualquier cambio climático. Es el cultivo más sensible dentro del estado Mérida ante un aumento de temperatura superior a 2°C y una disminución de 11,5% en la precipitación actual, lo cual reduciría en más del 50% las áreas aptas para este cultivo. Para el área del Sur del Lago de Maracaibo las simulaciones para este cultivo serán muy poco ventajosas, hasta el punto de desaparecer las áreas potencialmente aptas. Paredes y Chacón-Moreno (2021) consideran que en el estado Mérida cualquier cambio en la precipitación por efecto de cambio climático afectaría la distribución de las áreas potenciales, hasta la desaparición de las áreas actuales.

Para el cultivo del maíz los resultados de modelación proyectan una reducción en los rendimientos especialmente en condición de secano. El efecto más negativo se concentra especialmente en el norte de Venezuela. Los rendimientos del maíz podrían caer a niveles cercanos a cero en el piedemonte venezolano (FAO-CIAT-CCAFS, 2018; Ortiz, 2012). Si bien los rendimientos del maíz podrían no sufrir cambio alguno en Colombia, las predicciones indican que caerá a niveles cercanos a cero en el piedemonte venezolano.

En relación con la pesquería, en la zona costera de Venezuela se verán afectados más de 300 asentamientos pesqueros, a los cuales los cambios en la temperatura del mar podrían afectar en cuanto a las especies de interés comercial, al igual que a la pesca artesanal (MINEC, 2011). El aprovechamiento de recursos pesqueros en los ambientes marino-costeros va a ser impactado por la afectación

de los manglares, debido al ascenso del nivel del mar, por el incremento de la intrusión salina en estuarios y deltas, cambiando las propiedades de las aguas, afectando las especies vegetales y animales de aprovechamiento comercial (Marrero y Rodríguez-Olarte, 2017).

En suma, por el cambio climático el rendimiento de las cosechas de Venezuela sería el tercero más afectado por las sequías. Sería así mismo el noveno con más estrés por calor, debido a los aumentos de temperatura, lo que afectaría la productividad laboral y provocaría aumentos en la demanda de energía en los hogares (Swiss Re Institute, 2021).

2.3. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES Y AGRICULTURA FAMILIAR

En opinión de Altieri y Nicholls (2009), en muchos países de ALC, la población rural más pobre vive en áreas expuestas y marginales, en condiciones que los hacen muy vulnerables a los impactos negativos del cambio climático. Para estas personas, aún los menores cambios en el clima pueden tener un impacto desastroso en sus vidas y medios de sustento. Las consecuencias pueden ser muy profundas para los agricultores de subsistencia o agricultura familiar, ubicados en ambientes frágiles donde se esperan grandes cambios en su productividad, pues estos agricultores dependen de cultivos que potencialmente serán muy afectados –por ejemplo, alimentos básicos como maíz, frijoles, papas o arroz–. Algunos estudios proyectan que el cambio climático reducirá la producción de cultivos, por lo que los efectos sobre el bienestar de miles de agricultores familiares serán muy severos, especialmente si el componente de la productividad de subsistencia se reduce. No hay duda de que el sustento de miles de comunidades de agricultores familiares, de agricultores tradicionales y de los pueblos indígenas en países en desarrollo se verá afectado seriamente por los cambios del clima (Altieri y Nicholls, 2009). Bajo un escenario de cambio climático, la población que vive en la pobreza podría aumentar entre 35 y 122 millones en 2030 con respecto a un futuro sin un escenario de cambio climático, debido en gran parte a las variaciones sobre sus ingresos agrícolas (Larrea, 2017).

Según Vermeulen (2014), a partir de la década de 2050 los efectos climáticos sobre la seguridad alimentaria serán inequívocos, máxime en el contexto del cambio social y de una creciente demanda de alimentos. Las regiones tropicales experimentarán los mayores efectos negativos, y los pequeños productores de cultivos, ganaderos y pescadores se enfrentarán a los mayores desafíos de adaptación. La agricultura en los países tropicales seguirá siendo el sector más perjudicado y más sistemáticamente afectado por el cambio climático. De otro lado, los rendimientos de la pesca tropical pueden disminuir hasta en un 40% de aquí a la década de 2050, en tanto que la pesca en pequeña escala será la más afectada (Vermeulen, 2014). Las amenazas ligadas al clima afectan a las vidas de las personas pobres directamente, a través de impactos en los medios de subsistencia y reducciones en los rendimientos de los cultivos o destrucción de hogares; e indirectamente, a través de –por ejemplo– aumentos en los precios de los alimentos y en la inseguridad alimentaria (FAO, 2016, 2018).

Según Meza (2014), la agricultura familiar es más vulnerable a la variabilidad y al cambio climático, por lo cual se requiere de políticas que permitan acceder a información, créditos y fuentes de financiamiento y a asistencia técnica para desarrollar e implementar innovaciones. Para este autor el cambio climático constituye la mayor amenaza para la seguridad alimentaria, la superación de la pobreza y el desarrollo sostenible. Así, el impacto del cambio climático podría afectar el desarrollo de ALC, al considerar que en la región la agricultura familiar representa el 80% de las explotaciones y que provee un 27% a 67% de la producción de alimentos. En consecuencia, es necesario implementar políticas concretas que mitiguen sus efectos más negativos. El cambio climático afectará desproporcionadamente a los agricultores pequeños, en particular a los de secano y de las zonas tropicales. Su alta vulnerabilidad al cambio climático está asociada a la dependencia de sus medios de vida de recursos naturales frágiles, tierras altamente degradadas y con menor productividad y al bajo apoyo estatal en asistencia técnica y servicios para producción, entre otros factores.

En gran parte de ALC la pequeña agricultura aún depende de las lluvias para la producción de alimentos, por lo que el impacto de las sequías es extendido. Así mismo, el cambio climático impactará negativamente la producción de alimentos básicos y la agricultura podría dejar de ser la estrategia principal de medio de vida para muchos productores familiares, además de estimular el traslado de cultivos a otras zonas donde se presenten condiciones favorables para su desarrollo (Meza, 2014). Sin embargo, para Mendelsohn (2008) los pequeños agricultores de Sudamérica no son menos sensibles al calentamiento que los grandes. Considera este último autor que en los países en desarrollo los pequeños agricultores pueden ser menos vulnerables que los comerciales y plantea que el riego parece ser una herramienta muy eficaz para contrarrestar los efectos nocivos del calentamiento o de la desecación. Los ingresos de las explotaciones de regadío suelen ser menos vulnerables al calentamiento que los de las explotaciones de secano, e incluso pudieran aumentar con el calentamiento.

2.5. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

De acuerdo con Nelson *et al.* (2009), los cambios en los regímenes de lluvias aumentarán las probabilidades de pérdida de las cosechas a corto plazo y de reducir la producción a largo plazo, amenazando la seguridad alimentaria. Ello a su vez incidirá en un aumento de la malnutrición infantil y en una reducción en el consumo de calorías, por lo que es necesario invertir en la mejora de la productividad agrícola, para lograr un aumento en el consumo de calorías que pueda compensar los impactos negativos del cambio climático en la salud y bienestar de la niñez. El cambio climático provocará aumentos adicionales de precios para los principales cultivos, tales como el arroz, trigo, maíz y soja, derivando en un aumento en los costos de la alimentación animal, un aumento de los precios de la carne, una reducción del consumo de carne y una disminución significativa en el consumo de cereales. La disponibilidad de calorías en el año 2050 no solo será menor que en el escenario sin cambio climático, sino

que de hecho disminuirá en los países en vías de desarrollo en relación con los niveles alcanzados en el 2000. Hacia 2050, la disminución en la disponibilidad de calorías incrementará la malnutrición infantil en un 20%, en comparación lo estimado para un mundo sin cambio climático (Nelson *et al.* 2009).

En opinión de Jarvis *et al.* (2020), el cambio climático impactará todas las dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad, utilización y estabilidad, afectando a la totalidad del sistema agroalimentario 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: i) una reducción del rendimiento de los cultivos; ii) un incremento en la ocurrencia y diversidad de plagas y enfermedades; iii) cambios en la disponibilidad y acceso a los alimentos; iv) 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; y, v) una reducción de los ingresos de los productores (Jarvis *et al.* 2020). Se prevé que la demanda mundial de alimentos en 2050 aumente al menos un 60% por encima de los niveles de 2006. Por tanto, existe una fuerte presión para expandir las áreas agrícolas, incluyendo prácticas no sostenibles, como la deforestación para cultivos en limpio con un uso intenso del recurso suelo, con altas cargas de agroquímicos que generan efectos ambientales negativos (Larrea, 2017). Es probable que el impacto del cambio climático tenga una influencia significativa en la agricultura y –en última instancia– en la seguridad alimentaria y los medios de vida de grandes sectores de la población urbana y rural en todo el mundo, siendo una amenaza para la seguridad alimentaria y los medios de vida de millones de personas en los países en desarrollo, incluida América Latina (Jat *et al.*, 2016).

Vermeulen (2014) afirma que, los agricultores, las empresas y los gobiernos de todo el mundo declaran que el cambio climático tiene efectos cada vez mayores sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria y están tratando de encontrar el modo de adaptarse al cambio. La seguridad alimentaria ya está sufriendo los efectos del

cambio climático y estos efectos no están distribuidos de una manera uniforme: las zonas tropicales, que están más expuestas a mayores riesgos climáticos, también albergan una gran proporción de la población mundial en situación de inseguridad alimentaria. Los cultivos, la ganadería y la pesca en la región tropical son los sectores más afectados por el cambio climático, siendo esta región la que está más expuesta al cambio climático y presenta una alta prevalencia de pobreza e inseguridad alimentaria. De hecho, la reducción del consumo de alimentos implica, entre otras cosas, optar por alimentos de alta densidad calórica pero pobres en nutrientes. La mayor exposición a los riesgos climáticos induce a los pequeños productores a preferir cultivos de subsistencia de bajo riesgo y bajo rendimiento por encima de cultivos comerciales de alto riesgo y alto rendimiento, evitar aplicar fertilizantes u otros insumos adquiridos y aplazar la adopción de nuevas tecnologías. Tales decisiones reducirán gradualmente los beneficios actuales y futuros de las explotaciones agrícolas, e incrementarán la inseguridad alimentaria entre las poblaciones rurales ya de por sí pobres (Vermeulen, 2014). Según Rodríguez *et al.* (2016), las proyecciones resultantes de la modelación señalan que, en el escenario mediano de cambio climático, 36 millones de personas estarían en riesgo de padecer hambre. Venezuela está entre los países en donde se presentarían los mayores incrementos en este indicador de inseguridad alimentaria, con un valor de 17,8%, en comparación con Colombia (9,8%), Perú (9,4%), Bolivia (10%) y Ecuador (9,5%) en la región Andina. De manera que la inseguridad alimentaria es un riesgo latente en un escenario de cambio climático inminente, en el que Venezuela es el país con mayor incremento en el riesgo alimentario para las siguientes tres décadas (FAO-CIAT-CCAFS, 2018).

2.5. CAMBIO CLIMÁTICO Y MIGRACIÓN

A pesar de percibirse como una crisis cada vez mayor, las consecuencias del cambio climático para los habitantes del planeta siguen siendo poco claras e impredecibles. Brown (2008) señala que en 1990 el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) advirtió que

la migración humana podría ser uno de los efectos más graves del cambio climático. Millones de personas se verían obligadas a desplazarse a causa de la erosión de la línea costera, de las inundaciones del litoral y de los estragos en la agricultura. Desde entonces, numerosos analistas han intentado cuantificar esos flujos de migrantes por razones climáticas. La predicción más citada es de 200 millones de desplazados para el año 2050. El cambio climático antropogénico agrava la vulnerabilidad medioambiental, económica y social ya existente. En los actuales escenarios de cambio climático se incluye cierta cantidad de migración forzosa por motivos climáticos (Brown, 2008). El aumento de las tasas de migración hacia las ciudades, resultará en la generación de asentamientos ilegales, no regulados y poco seguros. Esto eleva los niveles de vulnerabilidad por derrumbes, deslizamientos, inundaciones y pérdida de infraestructura (López, 2009).

De acuerdo con Morton, Boncour y Laczko (2009), la degradación medioambiental progresiva y los fenómenos extremos pueden desatar las migraciones. Los datos y evidencias hacen pensar que la migración por razones medioambientales y climáticas se convertirá en uno de los principales problemas políticos de este siglo. Sin embargo, las respuestas políticas actuales tienden a centrarse más en el impacto de las catástrofes repentinas, que en las consecuencias a largo plazo de la degradación medioambiental. La pobreza, la degradación de los ecosistemas, la vulnerabilidad ante los riesgos naturales y los cambios graduales del entorno debidos al cambio climático están relacionados con las migraciones medioambientales. En este amplio y heterogéneo grupo de gente se incluyen aquellas forzadas a huir de una catástrofe natural –como las inundaciones–, al igual que los agricultores empobrecidos que abandonan tierras degradadas y migran a los núcleos urbanos en busca de medios de subsistencia alternativos (Morton *et al.* 2009).

Para Piguet, Pécoud y de Guchteneire (2012), el cambio climático tiene ciertamente consecuencias en términos de migración y movilidad de poblaciones y se espera que su impacto trascienda aún más. Dada la

complejidad de la relación entre cambio del medio ambiente y migración, conviene recordar que los riesgos climáticos o naturales no producen automáticamente desplazamientos. El aumento del nivel del mar constituye probablemente el aspecto del cambio climático que representa la más clara amenaza en términos de migración forzosa de larga duración. La migración es en sí misma una estrategia de adaptación; no es necesariamente la peor respuesta y no debería considerarse un resultado intrínsecamente negativo que convenga evitar (Piguet *et al.* 2012).

Kumari *et al.* (2018) señalan que, en la actualidad, el cambio climático se ha convertido en un poderoso motor de las migraciones internas, que impulsa a una mayor cantidad de personas a trasladarse desde zonas vulnerables a otras áreas más favorables dentro de sus países. La escala de las migraciones internas provocadas por impactos climáticos aumentará hasta el año 2050 y luego se acelerará, salvo que se adopten medidas concertadas en materia de clima y desarrollo. En el escenario pesimista, el número de migrantes internos por motivos climáticos para el año 2050 sería de 17 millones en América Latina. Se proyecta una emigración impulsada por motivos climáticos en las zonas donde los sistemas de medios de subsistencia se vean crecientemente amenazados por los impactos del cambio climático, tal como pudiera ocurrir en ciudades situadas en zonas bajas, zonas costeras vulnerables al aumento del nivel del mar y áreas de elevado estrés hídrico y agrícola. No obstante, la migración puede ser una estrategia de adaptación al cambio climático, si se gestiona cuidadosamente y se respalda mediante políticas de desarrollo adecuadas e inversiones específicas (Kumari *et al.*, 2018).

La migración se convierte en una opción de adaptación *ex situ* (Bárcena *et al.*, 2020). Jarvis *et al.* (2020) estiman que el cambio climático también puede tener un efecto en la migración, tanto dentro de los países como entre ellos. Su impacto 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. 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. Sin embargo, los fenómenos meteorológicos extremos también pueden influir en la migración permanente. Los lugares que presentan alto riesgo de fenómenos meteorológicos extremos podrían quedar abandonados parcial o totalmente. Ello podría exacerbar los grandes movimientos migratorios que ya están teniendo lugar, en particular la migración de las zonas rurales a las urbanas. La mayoría de las personas que se desplazan o migran por motivos relacionados con el cambio climático enfrentan, a su vez, dificultades de adaptación al medio urbano. La migración por falta de tierras arables o de agua puede conducir a una nueva situación en que el principal factor de riesgo sean los fenómenos extremos (Jarvis *et al.*, 2020).

Las migraciones son uno de los impactos menos visibles de la crisis climática, que ya están sucediendo en regiones de todo el planeta. En general, las poblaciones que menos han contribuido a la crisis climática son las que ya están sufriendo sus peores efectos. Las poblaciones que viven en situación de pobreza, aquellas cuyo sustento depende principalmente de la agricultura o la pesca y las comunidades indígenas, que mantienen una profunda relación con sus territorios, son quienes se encuentran en primera línea de los impactos climáticos (CEAR-Greenpeace España, 2021).

4. LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con Altieri y Nicholls (2009), la diversificación es una estrategia de adaptación importante para el manejo del riesgo de la producción en sistemas agrícolas pequeños. En general, los agroecosistemas tradicionales son menos vulnerables a la pérdida catastrófica porque, en caso de pérdidas, la amplia diversidad de cultivos y variedades en los diferentes arreglos espaciales y temporales generan compensaciones. En la mayoría de los casos los agricultores mantienen la diversidad como seguro para enfrentar el cambio ambiental o futuras necesidades sociales y económicas. Observaciones del desempeño agrícola después de eventos climáticos extremos realizadas durante las dos últimas

décadas han revelado que la resiliencia a los efectos de los desastres climáticos está íntimamente relacionada con los niveles de biodiversidad de las fincas. López y Hernández (2016) consideran que la adaptación no es algo nuevo. La diferencia principal es que ahora las condiciones climáticas están cambiando a una velocidad relativamente elevada y, por lo tanto, no queda claro qué tan rápido se podrán adaptar los agricultores a dichos cambios. Se estima que las adaptaciones voluntarias de los productores agrícolas no serán suficientes para hacer frente al cambio climático y, por lo tanto, será necesaria la aplicación de medidas de adaptación planificadas que incluyan componentes locales, regionales, nacionales e incluso internacionales. Existen varias estrategias de adaptación que se consideran recomendables, entre las que se encuentran: i) aumentar el nivel de conocimiento que los agricultores tienen sobre el cambio climático; ii) mejorar los niveles de educación y las habilidades de las poblaciones rurales; iii) crear e introducir variedades resistentes a la temperatura; iv) promover la irrigación; v) implementar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad y severidad de las lluvias; vi) fortalecer los sistemas formales e informales de intercambio de semillas; vii) mejorar la infraestructura física; y, viii) estimular y mejorar el acceso al crédito y a seguros agrícolas. Para el caso específico de Latinoamérica, las estimaciones sobre los costos de adaptación apuntan a que están por debajo del 0,5% del PIB de la región. Sin embargo, es importante destacar que el monto de los recursos necesarios es superior a lo que la región dispone actualmente para ese fin (López y Hernández, 2016).

América Latina, con diversas regiones agroclimáticas, geografías desafiantes, economías en crecimiento, diversos sistemas de producción agrícola y tipologías de explotaciones agrícolas es más vulnerable al efecto del cambio climático, debido a su gran dependencia de la agricultura como medio de vida. La aplicación de prácticas modernas, como la agricultura de conservación, la agricultura climáticamente inteligente, la utilización juiciosa y el ahorro de agua del agua disponible para la agricultura, el desarrollo de

múltiples cultivos y biotipos de cultivos estrés y la restauración de suelos y aguas degradados y usos de la tierra alternativos y la conservación de la biodiversidad deben promoverse a nivel regional y nacional para garantizar una seguridad alimentaria y nutricional duradera (Jat *et al.*, 2016).

Mientras que el cambio climático ya ha llevado a muchos agricultores más allá de su «rango de adaptación» y ha hecho necesarias prácticas específicas de adaptación, limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C permitiría una adaptación simplemente imposible bajo las tendencias de calentamiento que se esperan de otro modo. Un futuro a 1,5 °C podría consistir en que los pequeños agricultores aumenten su resiliencia a través de la adaptación al cambio climático con bajas emisiones de carbono, contribuyendo a los esfuerzos de mitigación globales (Martínez-Baron, Orjuela, Renzoni, Loboguerrero y Prager, 2018). 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, en tanto que la agricultura familiar representa el 80% de las fincas de América Latina y del Caribe y ocupa aproximadamente el 35% de la tierra con vocación agrícola, aportando el 40% de la producción de alimentos y el 64% de empleos relacionados con la agricultura. Por lo tanto, América Latina y el Caribe necesitarán adaptarse a un mundo más caluroso, con más extremos y cambios en los regímenes de precipitación pluvial. En consecuencia, tal adaptación deberá darse dentro del contexto de otros motores de cambio (Jarvis *et al.* 2020).

Según el Swiss Re Institute (2021), la economía venezolana es la menos preparada para el impacto del cambio climático. A esa conclusión llegó el estudio conducido por esa organización, en el cual se incluyó a 48 países de varias regiones del mundo—que representan 90 % del PIB global y que fueron clasificados de acuerdo con un índice que tomaba en cuenta el riesgo meteorológico, la capacidad de adaptación, impacto en economía, salud, turismo, entre otros factores—. Destaca el informe de Swiss Re que Venezuela ocupa el puesto 43º entre los 48 países estudiados y, que si bien no es de los que más vería afectado su

ya decaído PIB (puesto 32°), sí que es el país con menos capacidad de adaptarse al cambio climático y sus efectos en la sociedad. El estudio concluyó que Venezuela, tomando en cuenta todos los indicadores, tiene un índice de 35,2. Es por tanto el más alto entre los países latinoamericanos, solo superado por Tailandia, India, Filipinas, Malasia e Indonesia. En el caso más severo de cambio climático (aumento de 3,2 °C para el año 2048), el PIB venezolano se reduciría 16,2%.

5. LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO (CC)

De acuerdo con el Banco Mundial (*apud* López, 2009), los países en desarrollo enfrentarían pérdidas productivas y de capital estimadas entre el 4% y el 8% de su PIB, debido a la degradación ambiental. El cambio climático incidirá sobre el valor de las tierras y los ingresos netos de los productores en la región. Si las temperaturas llegan a alcanzar los 3 °C como un escenario intermedio hacia el año 2100, el valor de las tierras podría reducirse aproximadamente en un 30%. Dentro del escenario más modesto, las pérdidas en el valor alcanzarían hasta un 15% (López, 2009). Entre los años 2020 y 2045 los precios mundiales del arroz, el frijol, el maíz, la soya y el trigo se incrementarían en un escenario de cambio climático, en valores de 66,04, 64,25, 59,5, 59,28 y 17,32 %, respectivamente (Rodríguez *et al.*, 2016). Al aplicar diferentes escenarios de cambio climático cuando los productores toman medidas de adaptación, se evidencia que el efecto negativo sobre el valor de la tierra alcanza un rango entre 4-8%, mientras que la ausencia de medidas de adaptación por parte de los productores bajo efectos del cambio climático, muestra porcentajes con efectos negativos sobre el valor de la tierra, alcanzando un rango entre 11-18% (FAO-CIAT-CCAFA, 2018).

Así mismo, si para el año 2048 la temperatura promedio llegara a aumentar hasta 3,2 °C, el PIB de Venezuela podría reducirse 16,2%, con aumentos de mortalidad, enfermedades transmitidas por vectores o producto del calor, erosión de suelos e inundaciones. El aumento continuo de la temperatura global tendrá un impacto negativo

en el PIB de todas las regiones a mediados de siglo, incluyendo a países de América Latina, en su mayoría menos preparados para el cambio climático. En Sudamérica, un eventual aumento de 2 °C en la temperatura global para mediados de siglo provocaría 10,8% de contracción económica (Swiss Re Institute, 2021).

De acuerdo con Galindo *et al.* (2014), para recuperar las cifras de malnutrición infantil a los niveles sin cambio climático, se requiere una inversión anual en América Latina y el Caribe de aproximadamente de US\$ 1,2-1,3 miles de millones al año. Las estimaciones realizadas a 2050 sugieren que los costos económicos del cambio climático se ubican entre el 1,5% y el 5% del PIB regional (*idem*).

6. CONCLUSIONES

Todos los escenarios descritos sugieren contundentemente que los efectos sobre la agricultura serán severos en la región. Los pequeños productores y los de subsistencia resultan ser los más sensibles y vulnerables para enfrentar los cambios ante la variabilidad del clima, pero todavía se discute mucho acerca de cuáles son las oportunidades reales y efectivas para enfrentar estos cambios en el futuro.

El cambio climático afectaría negativamente los rendimientos, las áreas cultivadas y las producciones de muchos cultivos en el trópico, además de limitar potencialmente los avances que en materia de seguridad alimentaria se alcanzarían en un escenario sin cambio climático. Los impactos del cambio climático serán específicos por cultivos y países.

En el caso de la agricultura, la transferencia de conocimiento y tecnología resulta un elemento imprescindible para su sostenibilidad, pues de ello depende que los agricultores se informen y tomen las medidas pertinentes frente al fenómeno que los afecta. Por su parte, el gobierno y el sector privado—a través de alianzas estratégicas y consensuadas—son actores fundamentales en la implementación de acciones de adaptación que puedan incidir substancialmente en la reducción los riesgos asociados al cambio climático en el sector agropecuario. Así, la agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) es un enfoque que pretende transformar y reorientar el desarrollo

agropecuaria ante las nuevas condiciones que se presentan con el cambio climático.

El cambio climático representa un reto y una oportunidad para la agricultura de ALC, donde se destacarían acciones de adaptación ante los cambios en el clima para mejorar los sistemas productivos en términos de eficiencia en el uso de los recursos naturales, diversificación agropecuaria, manejo del riesgo haciendo uso de información agroclimática oportuna en el lenguaje y a la escala adecuada e incrementando de la producción y consumo sostenible de alimentos. También abre oportunidades para nuevos cultivos con potencial de valor agregado, vía transformación productiva como es el caso de frutales, café (género *Coffea*) y cacao (*Theobroma cacao*) en áreas donde antes no eran aptas, entre otros.

Por otra parte, el reconocimiento de la incidencia del cambio climático en retos como la migración, reducción de la pobreza, inclusión de los pequeños productores, es importante para identificar, diseñar e implementar las estrategias efectivas para generar soluciones que permitan mejorar los medios de vida de la población rural, y vean en la agricultura y sus actividades asociadas una oportunidad para mejorar sus medios de vida.

Los arreglos institucionales juegan un papel clave para promover procesos de planificación e implementación de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático que contribuyan al desarrollo rural sostenible. El reto a corto plazo para la ALC y en particular para Venezuela es identificar los grados de vulnerabilidad y diseñar medidas adecuadas de adaptación.

En ALC, la pobreza y la pobreza extrema son muy altas, lo que limita seriamente las capacidades de respuesta ante el cambio climático. Los esfuerzos nacionales deberían hacer más énfasis en el impulso para el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana, cuyo aporte sería muy valorado por las poblaciones y comunidades más vulnerables.

Un aspecto adicional a destacar es que existen muy pocas iniciativas de adaptación que involucren la gestión integral de cuencas hidrográficas. Por lo tanto, los análisis de la agricultura en las regiones que dependen del regadío o que consideran la posibilidad de regar deben reconocer la gestión de las cuencas

hidrográficas como parte de su análisis del sector agrícola.

También es insuficiente la información sobre seguridad alimentaria, prácticas locales y estrategias productivas que culturalmente han sido adoptadas para enfrentar la variabilidad del clima, a fin de comprender estas experiencias y replicarlas en el contexto. Igualmente, es importante que las acciones de adaptación al cambio climático se vinculen con las estrategias nacionales de desarrollo y lucha contra la pobreza.

En síntesis, es necesario contar con políticas públicas que busquen la mitigación de los gases de efecto invernadero, a la vez que promuevan la adaptación ante el cambio climático. Es fundamental que la población cuente con información suficiente y adecuada para poder tomar las decisiones de prevención y adaptación que más le convengan. También la evidencia existente de los vínculos entre el cambio climático y las migraciones humanas justifica la necesidad de desarrollar políticas y normativas de protección que incluyan las voces y las necesidades de quienes migran por esta causa. Se requiere además incrementar el financiamiento agrícola con un enfoque de sostenibilidad, que contribuiría a promover prácticas e inversiones que incrementen la resiliencia de las poblaciones rurales al cambio climático, así como la disponibilidad de alimentos frente a escenarios de previsible escasez. Por último, no hay que olvidar que la incertidumbre en relación con la vulnerabilidad futura de los sistemas humanos y naturales tiende a ser incluso mayor que la incertidumbre en las proyecciones climáticas regionales.

REFERENCIAS

-
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de Agroecología*, 24(4), 5-8. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869117005/637869117005.pdf>

- Bárcena, A., Samaniego, J. L., Peres, W., y Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Santiago, Chile: CEPAL, Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P). Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/1/S1900711_es.pdf
- Brown, O. (2008). *Migración y cambio climático*. Ginebra, Suiza: Organización Internacional para las Migraciones-OIM, Serie de estudios de la OIM sobre la migración, N° 31. Recuperado de https://publications.iom.int/system/files/pdf/mrs-31_sp.pdf
- Buytaert, W., y Ramírez-Villegas, J. (2012). Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales. En: F. Cuesta, M. Bustamante, M. T. Becerra, J. Postigo y J. Peralvo, (Eds.), *Panorama andino de cambio climático: vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales* (pp. 37-58). Lima, Perú: CONDESAN-Comunidad Andina de Naciones. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/61216340_Panorama_andino_de_cambio_CLIMÁTICO_Vulnerabilidad_y_ADAPTACIÓN_e_n_los_Andes_Tropicales
- CEAR-Greenpeace España (Comisión Española de Ayuda al Refugiado-Greenpeace España). (2021). *Huir del clima. Cómo influye la crisis climática en las migraciones humanas*. [Blog Machelín Díaz]. Recuperado de <https://www.machelindiaz.com/cear-y-greenpeace-alertan-de-que-la-tesis-climatica-forzara-a-huir-cada-vez-a-mas-personas/>
- De Bièvre, B., Bustamante, M., Buytaert, W., Murtinho, F., y Armijos, M. T. (2012). Síntesis de los impactos de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en los Andes Tropicales y las estrategias de adaptación desarrolladas por los pobladores. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., (Eds.), *Panorama andino de cambio climático: vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales* (pp. 59-101). Lima, Perú: CONDESAN-Comunidad Andina de Naciones. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261216340_Panorama_andino_de_cambio_CLIMÁTICO_Vulnerabilidad_y_ADAPTACIÓN_en_los_Andes_Tropicales
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2016). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (Orientaciones de política)*. Santiago, Chile: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1032311/>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2018). *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (Gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola)*. Santiago, Chile: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1116433/>
- FAO-CIAT-CCAFS (Food and Agriculture Organization- International Center for Tropical Agriculture-Research Program on Climate Change, Agriculture, and Food Security). (2018). Retos del cambio climático para la agricultura en América Latina y el Caribe. Cali, Colombia: FAO-CIAT-CCAFS. Recuperado de <https://ccafs.cgiar.org/es/resources/publications/retos-del-cambio-climatico-para-la-agricultura-en-america-latina-y-el-caribe>
- Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E., Ferrer, J., Gómez, J. J., Lennox, J., y Reyes, O. (2014). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de https://issuu.com/publicacionescepal/docs/s1420656_es
- Jarvis, A., Loboguerrero, A. M., Martínez-Baron, D., Prager, S., Ramírez V. J., Eitzinger, A.,... Tarapues, J. (2020). Situación rural de América Latina y el Caribe con 2 grados de calentamiento. *Compromiso Social*, 7(3), 91-115. Recuperado de <https://doi.org/10.5377/recoso.v2i3.13436>
- Jat, M. L., Dagar, J. C., Sapkota, T. B., Singh, Y., Govaerts, B., Ridaura, S. L.,... Hobb, C. (2016). Chapter Three - Climate Change and Agriculture: Adaptation strategies and mitigation opportunities for food security in South Asia and Latin America. *Advances in Agronomy*, 137, 127-235. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.005>

- Kumari, R. K., de Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober, K., Schewe, J.,...Midgley, A. (2018). *El informe Groundswell: prepararse para las migraciones internas provocadas por impactos climáticos*. Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado de <https://migracionesclimaticas.org/documento/groundswell-preparing-for-internal-climate-migration/>
- Larrea, N. (2017). *Alerta sobre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. Caracas, Venezuela: CAF, Dirección de Desarrollo Productivo y Financiero. Recuperado de <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2017/02/alerta-sobre-cambio-climatico-agricultura-y-seguridad-alimentaria/>
- López, F. A. J. y Hernández, C. D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 8(332), 459-496. <http://dx.doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- López, S. R. (2009). *Acerca de los impactos del cambio climático en Sudamérica*. La Paz, Bolivia Instituto Para el Desarrollo Rural de Sudamérica-IPDRS. Recuperado de https://ipdrs.org/images/exploraciones/archivos/exploraciones_3.pdf
- Lozano-Povis, A., Álvarez-Montalván, C. E., y Moggiano-Aburto, N. (2021). El cambio climático en los Andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Marrero C., y Rodríguez-Olarte, D. (2017). Los humedales costeros venezolanos en los escenarios de cambios climáticos: vulnerabilidad, perspectivas y tendencias. En: A. V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J. L. Rojas Galaviz (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático* (pp. 461-476). México, DF: UJAT-UNAM-UAC. Recuperado de <https://www.redicomar.com/wp-content/uploads/2018/10/Vulnerabilidad-de-las-Zonas-Costeras-de-Latinoame%CC%81rica-al-Cambio-Clima%CC%81tico.pdf>
- Martínez-Baron, D., Orjuela, G., Renzoni, G., Loboguerrero, R. A. M., y Prager, S. D. (2018). Small-scale farmers in a 1.5°C future: The importance of local social dynamics as an enabling factor for implementation and scaling of climate-smart agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 31, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.013>
- Medina, E., Velásquez, G. E., y Hernández, I. (2016). Impacto del calentamiento global y enriquecimiento atmosférico de CO₂ sobre cultivos tropicales: la perspectiva para Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 42(1), 25-37. Recuperado de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/11189
- Mendelsohn, R. (2008). The impact of climate change on agriculture in developing countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-9. <https://doi.org/10.1080/19390450802495882>
- Meza, L. E. (2014). Capítulo 4. La agricultura familiar y el cambio climático. En *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política*. Capítulo 4, (pp. 79-100). S. Salcedo y L. Guzmán (Eds.), *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política* (pp. 79-100). Santiago, Chile: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/es/c/897110/>
- MINEC (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente). (2011). *Implicaciones del Cambio climático en las zonas costeras y el espacio acuático de Venezuela*. Caracas, Venezuela: MINEC, Despacho del Viceministro de Ordenación y Administración Ambiental. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331889626_Implicaciones_del_Cambio_CLIMÁTICO_en_las_Zonas_Costeras_y_el_Espacio_Acuatico_de_Venezuela_Implications_of_Climate_Change_in_the_Coastal_Areas_and_the_Aquatic_Space_of_Venezuela
- Morton, A., Boncour, P., y Laczko, F. (2009). Seguridad humana y desafíos políticos. En M. Couldrey y M. Herson (pp. 5-7), *Cambio climático y desplazamiento*. *Revista Migraciones Forzadas*, (31), 5-7.

- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T.,... Lee, D. (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute-IFPRI. Recuperado de <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>
- OEP Venezuela (Observatorio de Ecología Política de Venezuela). (2022). *América Latina entre las más vulnerables por el cambio climático según el reciente informe del IPCC*. Recuperado de <https://www.ecopoliticavenezuela.org/2022/03/04/america-latina-latina-entre-las-mas-vulnerables-por-el-cambio-climatico-segun-el-reciente-informe-del-ipcc/>
- Olivares, B. O., Rey, J. C., Lobo, D., Gómez, J. A. y Landa, B. B. (2019). El cambio climático en zonas bananeras de la Región Central de Venezuela: el futuro de los bananos con un escenario hídrico incierto. [Anales del] *III Simposio Venezolano de Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria*, Caracas (Venezuela), UNIMET, 8-9 de octubre. Recuperado de <https://tinyurl.com/4zkbkfnj>
- Ortiz, R. (2012). *El cambio climático y la producción agrícola*. Washington, DC, EE.UU.: Banco Interamericano de Desarrollo, Unidad de Salvaguardias Ambientales (VPS/ ESG) Notas Técnicas # ESG-TN-383. Recuperado de <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Economia-Desarrollo/99.pdf>
- Ovalles, F., Cortez, A., Rodríguez, M., Rey, J. y E. Cabrera-Bisbal. (2008). Variación geográfica en el impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 58(1), 37-40. Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5801/pdf/ovalles_f.pdf
- Paredes M., Y. (2014). *Distribución potencial de los principales cultivos agrícolas en escenarios de cambio climático en el estado Mérida, Venezuela*. (Trabajo especial de grado inédito). Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, ULA, Mérida, Venezuela. Recuperado de <https://www.saber.ula.ve/handle/123456789/39966?show=full>
- Paredes M., Y., y Chacón-Moreno, E. (2021). Distribución potencial de cultivos agrícolas en el estado Mérida (Venezuela), en escenarios de cambio climático. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(2), 428-444. Recuperado de http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/47743/articulo_9.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Peralvo, M., Bustamante, M., Cuesta, F., y Becerra, M.T. (2012). Adaptación al cambio climático en los Andes Tropicales-Discusión y conclusiones-. En: F. Cuesta, M. Bustamante, M. T. Becerra, J. Postigo y J. Peralvo, (Eds.), *Panorama andino de cambio climático: vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales* (pp. 263-281). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261216340_Panorama_andino_de_cambio_CLIMÁTICO_Vulnerabilidad_y_ADAPTACIÓN_en_los_Andes_Tropicales
- Perez, C., Nicklin, C., Dangles, O., Vanek, S., Sherwood, S., Halloy, S.,... Forbes, G., (2010). Climate change in the High Andes: Implications and adaptation strategies for small-scale farmers. *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic, and Social Sustainability*, 6(5), 71-88. Recuperado de http://dangles.naturexpose.com/IMG/file/pdf%20peer-reviewed/2010_perez_et_al.pdf
- Piguet, E., Pécoud, A., y de Guchteneire, P. (2012). Migración y cambio climático: un resumen. *Migraciones*, 30(2011), 161-196. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1728-4457.2012.00539.x>
- Postigo, J., Peralvo, M., López, S., Zapata-Caldas, E., Jarvis, A., Ramírez, J., y Lau, C. (2012). Adaptación y vulnerabilidad de los sistemas productivos andinos. En: F. Cuesta, M. Bustamante, M. T. Becerra, J. Postigo y J. Peralvo, (Eds.), *Panorama andino de cambio climático: vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales* (pp. 141-171). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261216340_Panorama_andino_de_cambio_CLIMÁTICO_Vulnerabilidad_y_a_daptacion_en_los_Andes_Tropicales

- Rodríguez, R. J. (2021). *Perspectivas de la agricultura venezolana y la adaptación al cambio climático. Proyecto 74865-TOTAL*. Nueva York, EE.UU.: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. Recuperado de https://venezuela.fes.de/fileadmin/user_upload/documentos/AgriculturaCambioCLIMÁTICOJRodriguez.pdf
- Rodríguez de Luque, J. J., González, C., Gourdj, S., Mason-D'Cross, D., Obando Bonilla, D., Mesa-Diez, J., y Prager, S. D. (2016). Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 11-34. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-78.iscc>
- Silva, M., y Mendoza, N. (2019). Uso de la clasificación climática de Köppen en la evaluación de los efectos del cambio climático en los llanos venezolanos. *Geomías*, 47(80), 153-160. Recuperado de https://www.academia.edu/50792233/Uso_de_la_clasificaci%C3%B3n_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B3ppen_en_la_evaluaci%C3%B3n_de_los_efectos_del_cambio_clim%C3%A1tico_en_los_llanos_venezolanos
- Swiss Re Institute. (2021). *The economics of climate change: no action not an option*. Zurich, Suiza: Swiss Re Institute. Recuperado de <https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf>
- Vermeulen, S. J. (2014). Climate change, food security and small-scale producers. CCAFS Info Brief. Copenhagen, Dinamarca: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security-CCAFS. Recuperado de <https://cgispace.cgiar.org/handle/10568/35215>
- Vuille, M. (2013). *El cambio climático y los recursos hídricos en los Andes tropicales*. Washington D.C., EE.UU.: Banco Interamericano de Desarrollo, Technical Note 517. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/EI-cambio-clim%C3%A1tico-y-los-recursos-h%C3%ADricos-en-los-Andes-tropicales.pdf>
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, Georg, B. G., y Bradley R.S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews*, 89 (3-4), 79-96. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>
- Zapata-Caldas E., Jarvis, A., Ramírez, J. y Lau, C. (2012). *Análisis de los impactos de cambio climático sobre cultivos andinos*. Buenos Aires, Argentina: FLACSO, Foro Sobre Cambio Climático. Recuperado de <https://ambienteycocomercio.org/impacto-del-cambio-CLIMÁTICO-sobre-cultivos-andinos/>