

Vulnerabilidad del sector agropecuario frente a eventos meteorológicos extremos del cambio climático: Un panorama.**Vulnerability of the agricultural sector to extreme weather events due to climate change: An overview.**

Mg. Walter Eduardo Moreno Castillo, Mg. Jorge Adolfo Zúñiga Moreno, MVZ. Evelyn Jacqueline Paredes Ojeda

DIMENSIÓN CIENTIFICA**Enero - junio, V°7-N°1; 2026****Recibido:** 02-01-2026**Aceptado:** 18-01-2026**Publicado:** 30-06-2026**PAÍS**

- Ecuador, Ambato
- Ecuador, Quero
- Ecuador, Ambato

INSTITUCION

Universidad Técnica de Ambato
Investigador Independiente
Investigador Independiente

CORREO:

- ✉ we.moreno@uta.edu.ec
- ✉ jorgezu-iga.198708011@hotmail.com
- ✉ jacquelinep_97@hotmail.com

ORCID:

- ④ <https://orcid.org/0000-0003-3907-371X>
- ④ <https://orcid.org/0009-0001-6948-730X>
- ④ <https://orcid.org/0009-0006-6125-9958>

FORMATO DE CITA APA.

Moreno, W., Zúñiga, J. & Paredes, E. (2026). *Vulnerabilidad del sector agropecuario frente a eventos meteorológicos extremos del cambio climático: Un panorama*. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°1.). P. 422 - 442.

Resumen

El actual trabajo precisa como objetivo aportar un análisis de los efectos de eventos meteorológicos extremos del cambio climático ejercido sobre el sector agropecuario. La revisión aborda la problemática desde una visión amplia de las consecuencias a nivel de emisiones, productividad y biodiversidad como eje trasversal. Se revela que el fenómeno climático originado por la incorporación excesiva de compuestos sintéticos, crianza masiva de ganado, inapropiada utilización del agua, tierra, y pesticidas, reportan variaciones en los rendimientos agrícolas, déficit y contaminación hídrica, erosión del suelo, afectación de procesos fisiológicos y fenológicos de las especies, así como en la formación, ordenamiento y variabilidad de cultivos. La adición de prácticas estratégicas, son urgentes para la reducción de efectos generados por el cambio climático; así también la utilización de tecnologías derivadas de investigación científica, conocimiento tradicional y alternativas para operar fuentes causales de plagas y enfermedades, proporcionan a futuro la conservación de recursos naturales indispensables para la producción. El desarrollo amalgamado de estos conceptos permite a mediano y largo plazo, salvaguardar la diversidad, productividad y prosperidad del sector agropecuario, así como una alimentación sostenible y segura, minimizando los deterioros en la estabilidad económica y bienestar de la población que afronta los eventos climáticos a escala mundial.

Palabras clave: Cambio climático, Mitigación, Sector agropecuario, Vulnerabilidad.**Abstract**

This paper aims to provide an analysis of the information on the effects of extreme weather events and climate change on the agricultural sector. The review addresses the issue from a broad perspective of the consequences in terms of emissions, productivity, and biodiversity as a cross-cutting theme. It reveals that climate phenomena caused by the excessive use of synthetic compounds, mass livestock farming, inappropriate use of water, land, and pesticides, report variations in agricultural yields, water shortages and pollution, soil erosion, and disruption of species physiological and phenological processes, as well as crop formation, management, and variability. The addition of strategic practices is urgently needed to reduce the effects generated by climate change. Likewise, the use of technologies derived from scientific research, traditional knowledge, and alternatives to operate causal sources of pests and diseases provide future conservation of natural resources essential for production. The combined development of these concepts allows, in the medium and long term, to safeguard the diversity, productivity, and prosperity of the agricultural sector, as well as sustainable and secure food, minimizing the deterioration in economic stability and well-being of the population facing global climate events.

Keywords: Climate change, Mitigation, Agricultural sector, Vulnerability.

Introducción

En el presente documento se trata la temática de fenómeno global, enfocado directamente a la producción agropecuaria, mencionando los resultados de varias evaluaciones del impacto del cambio climático; así también, se analiza efectos inmediatos a los componentes agropecuarios y presentando algunas estrategias de mitigación sobre sus consecuencias. En la actualidad es indiscutible los efectos del cambio climático tanto a los elementos del planeta, así como a las actividades que se realizan en el mismo, desde eventos inusuales, muchas veces catastróficos, hasta modificación de los ecosistemas con pérdida de biodiversidad y las repercusiones socioeconómicas. La producción agropecuaria al combinar factores de vulnerabilidad con el cambio climático ha pasado a ser uno de los tópicos más estudiados tanto para medir impactos como para buscar soluciones que hagan frente a estas eventualidades. Las observaciones científicas en las últimas décadas han permitido evaluar el comportamiento del clima, sus efectos en las actividades cotidianas del ser humano, el incremento de la población y el desarrollo económico podrían influir negativamente en la sostenibilidad ambiental futura, evidenciándose ya cambios en los patrones de precipitación y temperatura (Fernandez, 2013).

El sector agropecuario tiene gran importancia para el desarrollo monetario y es una fortaleza para menguar los índices de pobreza. Recalcando que, el rol agropecuario es fundamental para la población urbana y rural, a la vez es uno de los sectores más vulnerables ante la variabilidad del fenómeno climático. Dado que, los factores meteorológicos son determinantes para la producción agrícola mundial y que el cambio climático evidencia una amenaza para las diversas regiones del planeta. Como resultado en lo posterior existirán efectos heterogéneos y cuantiosos daños dentro de los países y limitando las capacidades de adaptación en hogares campesinos (López & Hernández, 2016). Además, concurren una gama de consecuencias resultado de las variaciones climáticas, entre éstas: prolongación de fenómenos extremos con mayor intensidad, tornados, sequías, inundaciones, erupciones volcánicas, plagas, enfermedades, entre otras. Anomalías que impacta sobre el sector agropecuario, repercutiendo

en la seguridad alimentaria, puesto que esta problemática acarrea el incremento de la desnutrición, las hambrunas, escasez de agua y alimentos (Morales & Zuniga, 2016).

Las evidencias durante la evolución de la tierra son base para poder afirmar que los elementos climatológicos como humedad, precipitación, temperatura influyeron en la desglaciación, provocando la vulnerabilidad de los componentes agrícolas frente al cambio climático. Esto deriva que a nivel mundial incremente la temperatura local, el potencial de evapotranspiración del sistema planta suelo y escasez significativa de agua. Mientras que, en otras localidades se registrarán temperaturas muy bajas que afectarán en la productividad generando la pérdida de cultivos de gran importancia alimentaria (Lozano, Alvarez, & Moggiano, 2021).

El cambio climático se ha convertido una amenaza creciente y riesgo latente para el sector agropecuario, en gran medida afecta a los países en desarrollo donde se ubican las poblaciones más vulnerables. En comparación con la variabilidad en el clima que se han venido dando en las últimas décadas y los proyectados a futuro se muestran que ocurrirían daños más severos, con esto el sector agropecuario es significativamente sensible al cambio climático; la diseminación de plagas y enfermedades con el estrés hídrico son factores concomitantes. Con el aumento moderado de la temperatura y de la fertilización por CO₂ tiene efectos positivos en la producción. Aunque, si el incremento de la temperatura supera el estándar de seguridad climática, los rendimientos podrían disminuir de manera generalizada. Las modelaciones no pueden tener en cuenta todas las posibilidades de adaptación ni todos los factores no climáticos dinamizantes; por tanto, deben ser tomadas como indicadores de la necesidad de profundizar en la investigación y como cimiento de los impactos potenciales (Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta, & Serna, 2010).

En cuanto a las estrategias de adaptación deben ser definidas mediante un proceso de gestión de riesgos que involucra los impactos, las actitudes ante el mismo y la capacidad de adaptación. Por lo tanto, es imprescindible el uso de métodos de gestión integral en el sector

agropecuario de importancia productiva, alimentaria, económica y social puesto que permitirá de manera sistemática, identificar, calificar y evaluar las amenazas e impactos potenciales para diseñar e implementar las medidas de adaptación, así mismo monitorear y evaluar los resultados inherentes al efecto del cambio climático.

Métodos y Materiales

El trabajo fue desarrollado en base a un análisis organizado de artículos, documentos y revistas especializadas cuya finalidad es el cambio climático y el sector agropecuario, además se ha involucrado información relevante concerniente a las vulnerabilidades ante el fenómeno climático. Esto permite la actualización de conocimientos de forma articulada a través del manejo de técnicas de exploración y afianzamiento de información con contenido bibliográfico.

La selección de los documentos se realizó acorde a su relevancia para los objetivos del estudio y su aporte al conocimiento en el ámbito de cambio climático y vulnerabilidad del ámbito agropecuario en el contexto global. Se emplearon criterios de inclusión y exclusión para validar la efectividad y pertinencia de la información compilada. Una vez recolectado los artículos, se realizó un análisis del contenido para determinar relaciones entre los distintos aspectos estudiados. Se prestó atención a la problemática del cambio climático, así también vulnerabilidad e impactos en los factores productivos, consecutivamente se examinaron las estrategias para la mitigación de los impactos del fenómeno climático que amenazan el sector agropecuario.

Análisis de Resultados

a. Problemática del cambio climático en el sector agropecuario

El desafío de la agricultura para el año 2050 es alimentar a 9.000 millones de personas, sin embargo, el sector agrícola es afectado significativamente por el cambio de patrones de recolección y siembra, hoy en día se podría incrementar el 50% de la producción aprovechando al máximo los niveles de cosecha, mientras que un 20% al establecer cultivos de mayor rentabilidad y diversidad (Zabel, Mauser, & Hank, 2015). Las labores agrarias es uno de los

imperantes causantes de gases efecto invernadero, producto de la fermentación entérica que emite 76 a 72 Tg CH₄, excesiva incorporación de enmiendas industriales en cultivos 31 a 83 Tg CH₄, ignición de rastrojo 14 a 88 Tg CH₄, uso de combustible fósil 82 a 114 Tg de metano (Lal, 2016). Con respecto a simulaciones de impactos del cambio climático proyectadas al 2080 en la agricultura donde (Sudarshan, Athula, Jayatileke, & Bandar, 2017), obtuvieron 6.67% del PIB con escenario de elevado impacto, en comparación con el PIB del 7.15% con escenario de bajo impacto, infiriendo que los precios de granos y cereales en el futuro incrementen en 26% y 44%.

Según (Makuvuro, Walker, Phillip, & Dimes, 2108) sobre percepciones del conocimiento empírico proyectadas al 2050, indican que grupos poblacionales de riqueza intermedia proponen estrategias adaptativas auto dirigidas para beneficiarse de los efectos positivos y menguar los negativos ocasionados por el cambio climático. Por otra parte, simulaciones climáticas proyectadas al 2060 muestran modificación en la economía mundial, generando aumento de bienestar entre 0,07% a 1,4% en unos países y la pérdida del 0,04% a 2,2% en otros (Presley, Wesseh, & Boqiang, 2017). En cambio, para el 2.090 modelo de simulación evidencian la disminución entre el 10.06 y 4.0 t/ ha en rendimiento del cultivo de tubérculos (Zohrab, Rooholla, Amir, Mahmoud, & Hamed, 2018). En cuanto, a países que carecen de tecnología adaptativas se registran pérdidas del 20% de las ganancias anuales de producción agraria debido a eventos meteorológicos extremos (Thoai, Rañola, Camacho, & Simelton, 2018). Pero las oportunidades que brinda el cambio climático, potencialmente podría ser aprovechado por la agricultura de las regiones boreales, no obstante, las innovaciones adaptativas más profundas deben aplicarse en las regiones de mayor calentamiento (Juhola, Klein, Kayhko, Simone, & Neset, 2017).

En otra arista, el colapso de los recursos naturales influye en la sostenibilidad, cantidad y calidad de la productividad, volviendo más receptivo el sector agrícola para resistir los impactos del cambio climático (Agovino, Casaccia, Ciommi, Ferrara, & Marchesano, 2019). En cuanto la variación climática provoca la competencia intensa por recursos agua, suelo y energía, para lo

cual surge la necesidad de aprovechar la capacidad adaptativa de las leguminosas mediante la aplicación tecnológica vanguardista de enfoque genómico (Derazmahalleh, y otros, 2018).

Por otro lado (Karimi, Karimi, & Keshavarz, 2018) manifiestan, que el cambio climático inducirá el incremento en consumo de agua del 25% y 27% para década del 2.080, ejerciendo presión complementaria sobre la productividad de cereales. En cambio, (Gerber, y otros, 2013) indican que la generación a nivel mundial de gases de efecto invernadero, resultado de la producción de carne es del 41% y leche de vacuno con el 29 %, de emisión. Además, la carne de porcino y producción de huevos contribuyen con el 9% y 8 % respectivamente de las emisiones. Mientras que, la obtención y preparación de piensos con el 45% y la fermentación por microorganismos metanogénicos en rumiantes con el 39%, se convierten en dos de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en el sector pecuario. En tanto que (Zabaleta, 2010) señala, el almacenamiento temporal y procesamiento del estiércol concierne el 10 %, el resto se atribuye a la manufactura y el transporte de productos pecuarios. Los cultivos extensivos producen el 90 % de los alimentos para los semovientes de sistemas exteriores; se dedican a la producción de monocultivo, implementando altas densidades de siembra por unidad de área, manejan alimentos concentrados a base de cereales, puesto que, estos sistemas deprecian importancia de la tierra, otro caso es la tecnología; a razón que la producción está predestinada especialmente para la venta sin valorar la mano de obra familiar. (Lorente, 2010) es así como, resulta clave analizar las consecuencias del fenómeno climático en el sector agropecuario, debido a que converge lo productivo, social, ambiental y económico.

Los impactos del cambio climático tendrán un efecto directo en la distribución de las unidades productivas, seguridad alimentaria y en la salud de los animales. (Sánchez, Flores, Rodríguez, Anaya, & Contreras, 2020) en cuanto al aspecto zoosanitario suscitan alteraciones incluyendo la aparición de nuevas cepas o modificación en la prevalencia de enfermedades existentes, esencialmente las que se diseminan por insectos, debido a que los patógenos son a

la par afectados por el cambio climático. Para ciertas especies puede representar un acrecentamiento de área de influencia y para otras significar una reducción.

No obstante, surgen modelos de enfoque integral, con el objetivo de percibir los efectos del cambio climático y condicionantes de sistemas de planificación sectorial y buscar su posible adaptación (Olazabal, Chiabai, Foudi, & Neumann, 2018). Así por ejemplo del análisis ejecutado por (Luís, Vauclair, & Lima, 2018) con muestra de 33 países, explican que el 8.20% donde los habitantes están más expuestos a las acciones y tecnologías adaptativas propenden tener menor percepción de los riesgos, mientras que el 11.90% solo divisa las causas del cambio climático sin intuir el riesgo acontecerse.

En contraste con resultados obtenidos por (Woodruff, 2018) donde indica, que el grado de vulnerabilidad del 2.3% y 18.2% respectivamente ocurre al conmutar variables de cantidad de habitantes, ingresos económico y nivel de preocupación de cambio climático. Por otra parte, la degradación climática se advierte por asociación entre la valoración de la biosfera y el empobrecimiento ecológico percibido por los individuos, donde aquellos que registran baja preocupación pueden resistirse a reducir las emisiones (Helm, Pollitt, Barnett, Curran, & Craig, 2018). Mientras que la vulnerabilidad frente a anomalías climáticas se ajusta con la capacidad de adaptación, gestión y provisión de herramientas para conocer la tolerancia fisiológica de especies expuestas a variables climáticas extremas (Morales, y otros, 2018). En tanto que los sectores públicos y privados tienen responsabilidades de ofrecer acciones agropecuarias, tecnológicas, investigativas, e informativas actuales y futuras para contrarrestar el cambio climático de forma eficaz (Mitter, Schonhart, Larcher, & Schmid, 2018).

b. El cambio climático y vulnerabilidad de los factores agropecuarios.

El suelo es una unidad viva en la cual se desarrollan diferentes cultivos, en la actualidad el uso indiscriminado de los pesticidas degrada la capa arable incrementando las erosiones eólicas e hídricas. Según (Marínez, y otros, 2018) manifiestan que el estudio del CH4 se lo debe considerar tanto en estaciones de barbecho suelos en descanso como también en el cultivo,

siendo esta una brecha para el estudio de estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en el sector agrícola. Las variaciones de temperatura en la capa edáfica producida en los últimos años causan detrimientos significativos en los cultivos. Donde (Strer, Svoboda, & Herrmann, 2018) realizaron la investigación con proyecciones en los cambios de temperatura para determinar la adaptabilidad del incremento de temperatura y humedad del suelo en el año 2.050, en el estudio se determinó que el cultivo de maíz sufrirá dificultades en las etapas de siembra, cosecha, debido que el incremento de temperatura no permitirá el desarrollo del cultivo y en invierno donde la etapa vegetativa se incrementará. Así también, el uso sobredimensionado de pesticidas para controlar plagas presentes en los cultivos es uno de los contaminantes del suelo (Greenop, Woodcock, Wiñby, Cook, & Piwell, 2018).

Los fertilizantes en la agricultura es agente causal directo e indirecto para el incremento de los gases de efecto invernadero. El nitrógeno es uno de los nutrientes fundamentales para la planta, pero a su vez es uno de los que contamina 300 veces mayor que el dióxido de carbono al transformarse en óxido nitroso resultante de la nitrificación (Beeckman, Motte, & Beeckman, 2018). Por otro lado, (Recio, y otros, 2018) realizaron una investigación en la cual la volatilización de NH₃ fue de 10% a 13%, esto dedujo que todo depende del suelo por su capacidad de desnitrificación. Aunque (Leifeld & Menichetti, 2018) manifiestan una alternativa para el contrarrestar la contaminación por nitrógeno y contenido de carbono es el tratamiento de las turberas. Por otro lado, (Zhang, y otros, 2018) en su estudio manifiesta que las emisiones de óxido nitroso están ligado fuertemente al cambio y uso de suelos.

La asociación de cultivos permite diversos beneficios en contraste con el mono cultivo que en la agricultura actual causa graves daños, además tiene grandes ventajas por ejemplo la asociación de leguminosas con monocotiledóneas: es así como maíz y frijol es muy buena combinación. En este contexto (Ryan, y otros, 2018) manifiestan que brinda beneficios ecosistémicos, la captura de nitrógeno con las leguminosas. Mientras que (Halty, Valdés, Tejera, Picasso, & Fort, 2017) destacan que el amensalismo es una combinación negativa con resultados

positivos del parasitismo de diferentes especies en policultivo. Por otro lado, (Yao, y otros, 2018) manifiestan que la asociación de cultivares de soja y fréjol pueden compensar la incorporación mecánica de nitrógeno en policultivo.

La reforestación de los bosques es una estrategia de mitigación debido a que ayuda almacenar carbono, cuando se captura el 10% del mismo se disminuye el 1% de gases de efecto invernadero (Nave, y otros, 2018). (Chukalla, Krol, & Hoekstra, 2018), en la actualidad la contaminación del agua es un problema claramente palpable a nivel mundial. Por su parte (Ortiz, Litvin, & Salas, 2018) afirman que, se vienen realizando distintos estudios e investigaciones para obtener una mejor calidad del recurso hídrico y optimizar su uso para elevar el rendimiento de los cultivos. (Sunde, He, Hubbart, & Urban, 2018), mencionan que, los regímenes hidrológicos se han visto afectados a nivel mundial, siendo el cambio climático uno de los principales causantes incluso ha superado a los problemas causados por la urbanidad. Mientras (Fernandez, 2013) indica que, la escorrentía superficial es contaminada por fósforo en los suelos ha sido un problema latente del sector agrícola, ya que es el promotor de los procesos de eutrofización. Señala también que, la contaminación del agua superficial ha ocasionado que algas como ciertos microorganismos marinos se desarrolle en la superficie.

Por otro lado (Rice, Horgan, Barber, & Koskinen, 2018) afirman que, debido a su desarrollo se imposibilita el paso de la luz y la cantidad de oxígeno disminuye. Por lo que el resto de organismos acuáticos debe competir por su subsistencia (Lam, Lee, Chen, & Chang, 2018). Estudio de (Vandermoere, Ralaizafisoloarivony, E, & De Neve, 2018) se enfocaron en un método más eficiente que los actuales, para la eliminación de fósforo de los desagües que consiste en un filtro de arena recubierta de hierro, mismo que brindó los mejores resultados ya que se eliminó un porcentaje ≥ 74 de fósforo, además este filtro presenta la ventaja de ser a corto plazo y se lo puede reutilizar siendo amigable con el ambiente. En cuanto al problema que representa la eutrofización (Rice, Horgan, Barber, & Koskinen, 2018) indican que, mediante el uso de trazadores solubles en agua como el bromuro de potasio (KBr), ejecutados en superficies con

césped presentaron una disminución de agentes químicos en el agua superficial lo que se promueve como una alternativa para la reducción de la contaminación de fuentes hídricas. Por otro lado, varias investigaciones han evaluado los efectos de la sequía en términos de la eficiencia de los sistemas agrícolas incluyendo los impactos sociales y ecológicos (Ifejika, 2013). Es decir, existen sistemas agrícolas vulnerables a eventos climáticos extremos, casos en la India, donde, alrededor de un tercio de las áreas cultivadas de arroz son totalmente vulnerables a las sequias (Birthal, Negi, Khan, & Agarwal, 2015).

Toju et al. (2018) indican que, el desarrollo de estudios referentes al cambio climático y su afectación al ecosistema en general, se deben tomar estrategias alternativas para sobre llevar las adversidades que se van presentando. Por su parte (Strer, Svoboda, & Herrmann, 2018), ratifican que las proyecciones realizadas muestran la necesidad de realizar cambios en el manejo de los cultivares, ya que las condiciones climáticas futuras serán adversas para el desarrollo de los distintos cultivos destinados a siembras. Donde (Lamaoui, Jemo, Datla, & Bekkaoui, 2018) afirma que, las plantas sufrirían distintos tipos de estrés abióticos como la sequía y calor que disminuyen el rendimiento incluso en un 50%, para lo que se está realizando pruebas biotecnológicas para obtener especies que resistan el estrés y no disminuyan la productividad. Tal es el caso de las plagas donde (Huang & Hao, 2018) mencionan que, el cambio climático sugiere grandes estrategias en las tácticas para el control de plagas en los cultivos, ya que se ha podido identificar daños mayores, debido a que para ciertos insectos se ha visto favorables la variabilidad climática, logrando desarrollarse con mayor facilidad y en un plazo significativamente corto. Una de las alternativas a usarse para un manejo eficaz de los cultivos es la inoculación de microbiomas, mismos que deben ser colocados a un tiempo específico, para que puedan actuar oportunamente, aprovechando los recursos que la hospedera pueda brindar (Toju, y otros, 2018).

c. Estrategias de mitigación de los efectos del cambio climático en el sector agropecuario

En estas últimas décadas se observa cómo va disminuyendo la disponibilidad de recursos que tenemos como son las áreas cultivables, agua dulce, biodiversidad entre otros, poniendo en

riesgo el derecho a una alimentación segura y sostenible, por tanto hay que caminar hacia el incremento y preservación de estos recursos naturales, realizando estrategias que permitan mitigar los efectos del cambio climático fusionando la investigación científica con los conocimientos tradicionales como menciona (Flores, 2014).

La agricultura se ha intensificado fuertemente en los últimos años desde el uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas hasta la producción masiva de unidades ganaderas desencadenando en una saturación del recurso suelo y la contaminación de aguas debido a la acumulación de elementos como por ejemplo: el fosforo que es arrastrado por lixiviación, erosión o escorrentía llegando a las capas freáticas contaminando los acuíferos (Vandermoere, Ralaizafisoloarivony, E, & De Neve, 2018), además de contaminar el mismo suelo al encontrarse en cantidades exorbitantes por una mala manipulación del hombre bloqueando otros elementos muy importantes para la capa edáfica y la nutrición de las plantas provocando pérdidas en cultivos, frente a esto podemos empezar a implementar agricultura urbana. Al momento de cultivar y realizar la cosecha de diversos cultivos se obtiene una gran cantidad de residuos orgánicos con los que el agricultor no trabaja, una estrategia muy eficiente es incorporar al suelo esta biomasa incrementando la materia orgánica, mejorando la capacidad de retención de agua y la micro fauna disminuyendo el impacto de los diferentes fenómenos como la lluvia y el viento (Hiel, y otros, 2018). Con el cambio climático se verá afectada la temperatura incrementándose y provocando que los cultivos se desarrolle más rápido desatando una necesidad mayor del recurso hídrico en los períodos de producción. Ante esta situación la estrategia es cambiar las fechas de siembra para garantizar los meses favorables y de ser posible combinar la labranza reducida y la convencional, adaptándola según el sistema agropecuario de cada zona.

La estrategia para minimizar este impacto, manipulando genéticamente a las plantas haciéndolas resistentes a los períodos de sequía y garantizando la producción optimizando el consumo del recurso hídrico, pero en temporadas de extremo frío y calor las plantas se ven afectadas sufriendo estrés y minimizando la producción (Hussain, y otros, 2018). Otra acción

realizada por el hombre que marca mucho es la modificación del paisaje, al consumir el recurso forestal se está destruyendo los diversos ecosistemas que se desarrollan naturalmente y albergan a millones de especies en completo equilibrio, es importante así denotar la investigación realizada en sudamérica, donde se aplicaron prácticas de conservación de bosques estudiando la interacción estrecha que tiene el humano con el clima y vegetación; y, el impacto que este genera en el momento que se rompe la línea de equilibrio, la destrucción de paramos para implementar cultivares ha liberado un rápido crecimiento de la frontera agrícola desatando graves problemas con disponibilidad del recurso hídrico que cada día va disminuyendo y contaminándose poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Loboguerrero, Barón, & Boa, 2014).

Por todo, se debe poner en acción diferentes prácticas que sean sostenibles como aplicación de agricultura orgánica, tradicional, ganadería sostenible, combinándolas para tener resultados amigables con el ambiente y el hombre, maximizando los recursos disponibles y obteniendo resultados económicos satisfactorios a corto mediano y largo aliento (Vandermoere, Ralaizafisoloarivony, E, & De Neve, 2018).

Conclusiones

El contenido expuesto en el documento son resultados examinados de estudios e investigaciones, los cuales indican la relevancia del fenómeno climático que atraviesa el sector agropecuario a nivel global, cuyos efectos se agravarán en regiones que presentan la mínima o ninguna aptitud para reducción y adaptación, sea ésta cognitiva o tecnológica.

El alto grado de variabilidad y exposición entre los factores ambientales, provoca desequilibrio de sistemas productivos, de modo que surge el riesgo de extenuación en seguridad alimentaria y económica de la población. Sin embargo, es aceptable reiterar que el fenómeno climático sobrelleva el desequilibrio ecosistémico lo cual ocasiona estragos inmediatos sobre el sector agropecuario de países en progreso, además dichas consecuencias climáticas pueden

ser beneficiadas en territorios que presentan bajos rendimientos y que particularmente las prácticas agrícolas están condicionadas por el clima.

Para resistir los impactos es elemental gestar herramientas y no escatimar en investigaciones que permitan adoptar decisiones concretas acorde a la realidad de cada región, de ese modo contribuir y articular medidas de mitigación del cambio climático con carácter holístico que beneficien al sector agropecuario, permitiendo asegurar una producción sostenible y empática con los medios de vida de la población global.

Referencias bibliográficas

- Agovino, M., Casaccia, M., Ciommi, M., Ferrara, M., & Marchesano, K. (2019). Agricultura, cambio climático y sostenibilidad: el caso de la UE-28. *Indicadores Ecológicos*, 105, 525-543. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.064>
- Beeckman, F., Motte, H., & Beeckman, T. (2018). Nitrification in agricultural soils: impact, actors and mitigation. *Current Opinion in Biotechnology*, 50, 166-173. doi:10.1016/j.copbio.2018.01.014
- Birthal, P., Negi, D., Khan, M., & Agarwal, S. (2015). Is Indian agriculture becoming resilient to droughts? Evidence from rice production systems. *Food Policy*, 56, 1-12. doi:10.1016/j.foodpol.2015.07.005
- Chukalla, A., Krol, M., & Hoekstra. (2018). Trade-off between blue and grey water footprint of crop production at different nitrogen application rates under various field management practices. *Science of the Total Environment*, 626, 962-970. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.01.164
- Derazmahalleh, M., Bayer, P., Hane, J., Valliyodan, B., Nguyen, H., Nelson, M., & Edwards, D. (2018). Adapting legume crops to climate change using genomic approaches. *Plant, Cell & Environment*. doi:10.1111/pce.13203
- Fernandez, M. (2013). Efectos del cambio en la producción y rendimiento de cultivos por sectores. Apoyo a la Agenda colombiana de adaptación al cambio climático, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo. Obtenido de <http://glaciares.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>
- Flores, J. (2014). Estudios del cambio climático en América Latina. Políticas climáticas en países desarrollados Impacto en América Latina. División de Desarrollo Sostenible y

Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Unidad de Cambio Climático, Santiago de Chile. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c552f9de-15d1-4d35-a9f4-d4fccf61f90d/content>

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., . . . Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. (FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1-101. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/289509969>

Greenop, A., Woodcock, B., Wiñby, A., Cook, S., & Piwell, R. (2018). Functional diversity positively affects prey suppression by invertebrate predators: a meta-analysis. *Ecology*, 99(8), 1771-1782. doi:10.1002/ecy.2378

Halty, V., Valdés, M., Tejera, M., Picasso, V., & Fort, H. (2017). Halty, V., Valdés Modeling plant interspecific interactions from experiments with perennial crop mixtures to predict optimal combinations. Halty, V., Valdés, M., Tejera, M., Picasso, V., & Fort, H. (2017). Modeling plant interspecific interactions from experiments Ecological Applications, 27(8), 2277-2289. doi:10.1002/eap.1605

Helm, S., Pollitt, A., Barnett, M., Curran, M., & Craig, Z. (2018). Differentiating environmental concern in the context of psychological adaption to climate change. *Global Environmental Change*, 48, 158-167. doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.11.012

Hiel, M., Barbieux, S., Pierreux, J., Olivier, C., Lobet, G., Roisin, C., . . . Dumont, B. (2018). Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils. *PeerJ*, 6. doi:10.7717/peerj.4836

Huang, J., & Hao, H. (2018). Detecting mismatches in the phenology of cotton bollworm larvae and cotton flowering in response to climate change. *International Journal of Biometeorology*,

62(8), 1507-1520. doi:10.1007/s00484-018-1552-0

Hussain, H., Hussain, S., Khaliq, A. A., Anjum, S., Men, S., & Wang, L. (2018). Chilling and Drought Stresses in Crop Plants: Implications, Cross Talk, and Potential Management Opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1-21. doi:10.3389/fpls.2018.00393

Ifejika, S. (2013). Buffer capacity: capturing a dimension of resilience to climate change in African smallholder agriculture. *Regional Environmental Change*, 13(3), 521-535. doi:10.1007/s10113-012-0391-5

Juhola, S., Klein, N., Kayhko, J., Simone, T., & Neset, S. (2017). ¿Transformaciones del cambio climático en la agricultura nórdica? 51, 28-36. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743016717300517>

Karimi, V., Karimi, E., & Keshavarz. (2018). Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. *ScienceDirect*, 17(1), 1-15. doi:10.1016/s2095-3119(17)61794-5

Lal, R. (2016). Capítulo 28 - El cambio climático y la agricultura. *Climate Change (Second Edition)*, 465-489. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63524-2.00028-2>

Lam, T., Lee, T., Chen, C., & Chang, J. (2018). Strategies to control biological contaminants during microalgal cultivation in open ponds. *Bioresource Technology*, 252, 180-187. doi:10.1016/j.biortech.2017.12.088

Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R., & Bekkaoui, F. (2018). Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. *Frontiers in Chemistry*, 6. doi:10.3389/fchem.2018.00026

Leifeld, J., & Menichetti, L. (2018). The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications*, 9(1), 1-7. doi:10.1038/s41467-018-03406-6

Loboguerrero, A., Barón, D., & Boa, M. (2013). Estado del Arte en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria en Guatemala. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

, Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria Programa CCASF América Latina .

Obtenido de https://cac.int/sites/default/files/Estatode_arte._Guatemala.pdf

López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. Redalyc, 4(332), 459-496. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31347950001>

Lorente, A. (2010). Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. GeoGraphos, 1, 1-22. Obtenido de <https://geographos.ua.es/article/view/2019>

Lozano, A., Alvarez, C., & Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. Scientia Agropecuaria, 12(1), 101-108. doi: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>

Luís, S., Vauclair, C., & Lima, M. (2018). Raising awareness of climate change causes? Cross-national evidence for the normalization of societal risk perception of climate change. Environmental Science and Policy, 80, 74-81. doi:10.1016/j.envsci.2017.11.015

Makuvaro, V., Walker, S., Phillip, T., & Dimes, J. (2108). Smallholder farmer perceived effects of climate change on agricultural productivity and adaptation strategies. Journal of Arid Environments, 152, 75-82. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.01.016>

Marínez, E., Alcaraz, C., Viñas, M., Noguerol, J., SAranda, X., Prenafeta, F., . . . Ibáñez, C. (2018). Neglecting the fallow season can significantly underestimate annual methane emissions in Mediterranean rice fields. PLOS ONE, 13(5), 1-23. doi:10.1371/journal.pone.0198081

Mitter, H., Schonhart, M., Larcher, M., & Schmid, E. (2018). El marco Estímulos-Acciones-

Efectos-Respuestas (SAER) para explorar las relaciones percibidas entre la adaptación al cambio climático privada y pública en la agricultura. *Journal of Environmental Management*, 209, 286-300. doi:10.1016/j.jenvman.2017.12

Morales, I., Molinos, J., Schoeman, D., Burrows, M., Poloczanska, E., Brown, C., . . . Richardson, A. (2018). Climate Velocity Can Inform Conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(6), 441-457. doi:10.1016/j.tree.2018.03.009

Morales, L., & Zuniga, C. (2016). Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio*, 2(1), 269-280. doi: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5700>

Nave, L., Domke, G., K, H., Mishra, U., Perry, C., Walters, B., & Swanston, C. (2018). Reforestation can sequester two petagrams of carbon in US topsoils in a century. Nave, L. E., Domke, G. M., Hofmeister, K. L., Mishra, U., Perry, C. H., Walters, B. F., & Swanston, C. W. (2018). Reforestation *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(11), 2776-2781. doi:10.1073/pnas.1719685115

Olazabal, M., Chiabai, A., Foudi, S., & Neumann, M. (2018). Emergence of new knowledge for climate change adaptation. *Environmental Science and Policy*, 83, 46-53. doi:10.1016/j.envsci.2018.01.017

Ortiz, D., Litvin, A., & Salas, M. (2018). Acost-effective and customizable automated irrigation system for precise high-throughput phenotyping in drought stress studies. *PLOS ONE*, 13(6), 1-16. doi:10.1371/journal.pone.0198546

Presley, K., Wesseh, J., & Boqiang, L. (2017). Climate change and agriculture under CO₂ fertilization effects and farm level adaptation: Where do the models meet? *Applied Energy*, 195, 556-571. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.006>

Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Nicaragua efectos del cambio climático sobre la agricultura . Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3db22365-b69a-4ce2-bbcb-ffbf10b2f888/content>

Recio, J., Vallejo, A., Le, A., Garnier, J., García, S., Álvarez, J., & Sanz, A. (2018). The effect of nitrification inhibitors on NH₃ and N₂O emissions in highly N fertilized irrigated Mediterranean cropping systems. *Science of the Total Environment*, 636, 427-436. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.04.294

Rice, P., Horgan, B., Barber, B., & Koskinen, W. (2018). Chemical application strategies to protect water quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 420-427. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.02.030

Ryan, M., Crews, T., Culman, S., Dehaan, L., Hayes, R., Jungers, J., & Bakker, M. (2018). Managing for Multifunctionality in Perennial Grain Crops. *BioScience*, 68(4), 294-304. doi:10.1093/biosci/biy014

Strer, M., Svoboda, N., & Herrmann, A. (2018). Abundance of adverse environmental conditions during critical stages of crop production in Northern Germany. *Environmental Sciences Europe*, 30(1), 1-16. doi:10.1186/s12302-018-0138-0

Sudarshan, C., Athula, N., Jayatilleke, S., & Bandar, T. (2017). A general equilibrium assessment of climate change-induced loss of agricultural productivity in Nepal. *Economic Modelling*, 62, 43-50. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.014>

Sunde, M., He, H., Hubbart, J., & Urban, M. (2018). An integrated modeling approach for estimating hydrologic responses to future urbanization and climate changes in a mixed-use midwestern watershed. *Journal of Environmental Management*, 220, 149-162.

doi:10.1016/j.jenvman.2018.05.025

Thoai, T., Rañola, R., Camacho, L., & Simelton, E. (2018). Determinants of farmers' adaptation to climate change in agricultural production in the central region of Vietnam. *Land Use Policy*, 70, 224-231.

Toju, H., Peay, K., Yamamichi, M., Narisawa, K., Hiruma, K., Naito, K., & Kiers, E. (2018). Core microbiomes for sustainable agroecosystems. *Nature Plants*, 4(5), 247-257.
doi:10.1038/s41477-018-0139-4

Vandermoere, S., Ralaizafisoloarivony, N., E, V., & De Neve, S. (2018). Reducing phosphorus (P) losses from drained agricultural fields with iron coated sand (- glauconite) filters. *Water Research*, 141, 329–339. doi:10.1016/j.watres.2018.05.022

Woodruff, S. (2018). City membership in climate change adaptation networks. *Environmental Science and Policy*, 84, 60-68. doi:10.1016/j.envsci.2018.03.002

Yao, Z., Zhang, D., Yao, p., Zhao, N., Li, Y., Zhang, S., . . . Gao, Y. (2018). Optimizing the synthetic nitrogen rate to balance residual nitrate and crop yield in a leguminous green-manured wheat cropping system. *Science of the Total Environment*, 631(632), 1234-1242.
doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.115

Zabaleta, R. (2010). La crisis en el sector agrario Campo y crisis climática. *Soberanía alimentaria Biodiversidad y cultura*, 1, 1-52. Obtenido de
<https://www.soberaniaalimentaria.info/publicados/numero-01/41-portada-n01>

Zabel, F., Mauser, W., & Hank, T. (2015). Impacto del cambio climático en el potencial agrícola mundial. *Procedia Ciencias Ambientales*, 29, 260-261. Obtenido de
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.199>

Zhang, Y., Ding, H., Zheng, X., Ren, X., Cardenas, L., Carswell, A., & Misselbrook, T. (2018).

Land-use type affects N₂O production pathways in subtropical acidic soils. Environmental Pollution, 237, 237-243. doi:10.1016/j.envpol.2018.02.045

Zohrab, A., Rooholla, M., Amir, S., Mahmoud, T., & Hamed, M. (2018). Assessment of potato response to climate change and adaptation strategies. Scientia Horticulture, 228, 91-102.
Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.017>