

DOI: <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v6.n1.414>

Impactos del cambio climático en la agricultura boliviana: análisis de vulnerabilidad productiva, emisiones y desafíos de adaptación

Juan Carlos Torrico Albino

torrico@web.de<https://orcid.org/0000-0001-5971-521X>

Instituto Agrario Bolivia

RESUMEN

El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la agricultura en Bolivia, debido a su impacto sobre la temperatura, las precipitaciones y la frecuencia de eventos extremos, factores que influyen directamente en la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. Este estudio analiza los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana considerando siete regiones agroecológicas: Altiplano, valles interandinos, Yungas, Amazonía, Chiquitanía, Chaco y llanos orientales agrícolas. Asimismo, se evalúan distintos sistemas productivos, incluyendo agricultura familiar campesina, agricultura empresarial y sistemas forestales y de recolección, así como cultivos estratégicos de seguridad alimentaria y de importancia económica. El análisis integra información climática, literatura científica y evidencia empírica para identificar impactos diferenciados según regiones, cultivos y sistemas productivos. Los resultados evidencian que el aumento de temperatura, la variabilidad de precipitaciones y la mayor frecuencia de eventos extremos afectan de manera diferenciada la producción agrícola. La agricultura familiar presenta mayor vulnerabilidad climática, mientras que la agricultura empresarial enfrenta riesgos asociados a eventos extremos de mayor escala. Asimismo, cultivos de seguridad alimentaria como papa, maíz y quinua muestran alta sensibilidad climática. El estudio destaca la necesidad de estrategias de adaptación diferenciadas, planificación territorial y fortalecimiento de la resiliencia agrícola para reducir la vulnerabilidad del sector frente al cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático, agricultura, Bolivia, seguridad alimentaria, vulnerabilidad climática



Climate change impacts on Bolivian agriculture: analysis of production vulnerability, emissions and adaptation challenges

ABSTRACT

Climate change represents one of the main challenges for agriculture in Bolivia due to its impacts on temperature, precipitation patterns, and the increasing frequency of extreme weather events, all of which directly affect agricultural productivity and food security. This study analyzes the impacts of climate change on Bolivian agriculture across seven agroecological regions: Altiplano, inter-Andean valleys, Yungas, Amazon, Chiquitania, Chaco, and eastern agricultural lowlands. It also evaluates different production systems, including smallholder farming, commercial agriculture, and forest-based and harvesting systems, as well as strategic crops for food security and economic importance. The analysis integrates climate information, scientific literature, and empirical evidence to identify differentiated impacts across regions, crops, and production systems. The results indicate that rising temperatures, precipitation variability, and increased frequency of extreme events affect agricultural production unevenly. Smallholder agriculture shows higher climate vulnerability, while commercial agriculture faces risks associated with large-scale extreme events. Additionally, food security crops such as potato, maize, and quinoa exhibit high climate sensitivity. The study highlights the need for differentiated adaptation strategies, territorial planning, and strengthened agricultural resilience to reduce sectoral vulnerability to climate change.

Keywords: Climate change, agriculture, Bolivia, food security, climate vulnerability



INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la agricultura a nivel mundial debido a sus efectos sobre la temperatura, las precipitaciones y la frecuencia de eventos extremos, factores que influyen directamente en la productividad agrícola y la seguridad alimentaria (IPCC, 2022; FAO, 2021; Porter et al., 2014). En América Latina, estos impactos son particularmente relevantes debido a la alta dependencia de la agricultura de las condiciones climáticas y la vulnerabilidad estructural de los sistemas agrícolas, especialmente en países andinos y amazónicos como Bolivia (CEPAL, 2020; FAO, 2019; World Bank, 2021).

Bolivia es considerada uno de los países más vulnerables al cambio climático debido a su alta variabilidad climática, diversidad ecológica y fuerte dependencia de los recursos naturales. Estudios internacionales sitúan al país entre los más afectados por eventos climáticos extremos en las últimas décadas, con impactos recurrentes asociados a sequías, inundaciones, heladas e incendios forestales (Germanwatch, 2021; IPCC, 2022; Torrico Albino, 2026). Esta vulnerabilidad se ve amplificada por factores estructurales, como la alta dependencia de la agricultura de secano, la limitada infraestructura de riego y la predominancia de pequeños productores con capacidades reducidas de adaptación climática (FAO, 2018; CIPCA, 2021; IICA, 2020; IFAD, 2021).

Los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana ya son evidentes. Diversos estudios reportan reducciones en los rendimientos agrícolas, cambios en los calendarios productivos, mayor incidencia de plagas y desplazamientos altitudinales de cultivos (Hijmans, 2003; FAO, 2018; Torrico, 2022). Asimismo, las proyecciones climáticas sugieren incrementos sostenidos de temperatura y mayor variabilidad de las precipitaciones, lo que podría afectar significativamente la producción agrícola y la seguridad alimentaria del país (IPCC, 2022; CEPAL, 2020; Torrico Albino, 2026).

La agricultura boliviana presenta además una importante heterogeneidad territorial y productiva. Coexisten distintos sistemas agrícolas, incluyendo agricultura familiar campesina, agricultura empresarial y sistemas forestales y de recolección, los cuales presentan diferentes niveles de vulnerabilidad y capacidad adaptativa frente al cambio climático (FAO, 2019; Guariguata et al., 2017). Estas diferencias se expresan también entre regiones agroecológicas como el Altiplano, los valles



interandinos, los Yungas, la Amazonía, la Chiquitanía, el Chaco y los llanos orientales agrícolas, cada una con condiciones climáticas, cultivos predominantes y riesgos diferenciados (Ibisch & Mérida, 2003; Estado Plurinacional de Bolivia, 2015).

En este contexto, el presente artículo analiza los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana considerando siete regiones agroecológicas, distintos sistemas productivos y cultivos estratégicos. El análisis integra información científica, modelación agroclimática y evidencia empírica con el objetivo de identificar impactos diferenciados y aportar elementos para fortalecer la resiliencia agrícola y la planificación territorial frente al cambio climático.

Marco conceptual y metodológico

Marco conceptual

El presente estudio adopta un enfoque territorial integrador para analizar los impactos del cambio climático en la agricultura de Bolivia, considerando la interacción entre condiciones climáticas, sistemas productivos y cultivos estratégicos. Este enfoque reconoce que los impactos del cambio climático son espacialmente heterogéneos y dependen de factores biofísicos, socioeconómicos y productivos (IPCC, 2022; FAO, 2021).

Bolivia presenta una alta diversidad fisiográfica y climática, determinada por gradientes altitudinales, variabilidad climática y heterogeneidad ecosistémica, lo que genera múltiples regiones agroecológicas con distinta exposición y vulnerabilidad climática. Estas diferencias territoriales condicionan la productividad agrícola y la sensibilidad de los sistemas productivos frente a variaciones de temperatura, precipitación y eventos extremos.

El análisis conceptual se estructura en tres dimensiones principales:

- 1) Regiones agroecológicas
- 2) Sistemas productivos
- 3) Cultivos estratégicos

Las regiones agroecológicas constituyen la unidad espacial de análisis, permitiendo evaluar impactos diferenciados del cambio climático. Los sistemas productivos reflejan la capacidad adaptativa y



vulnerabilidad socioeconómica, mientras que los cultivos estratégicos permiten analizar implicaciones en seguridad alimentaria y economía agrícola.

Marco metodológico

El estudio emplea un enfoque metodológico integrado que combina modelación climática, modelación de cultivos, revisión científica y análisis territorial.

Modelación climática

La modelación climática se basa en escenarios climáticos desarrollados mediante múltiples modelos climáticos globales y regionales, considerando distintos escenarios de emisiones. Se analizaron proyecciones de temperatura, precipitación y eventos extremos para distintos horizontes temporales. El uso de múltiples modelos permite reducir incertidumbre y mejorar la robustez de las proyecciones, siguiendo recomendaciones metodológicas del IPCC (IPCC, 2021). Estos escenarios constituyen la base para el análisis de impactos en la agricultura.

Modelación de cultivos

Para evaluar los impactos del cambio climático en la producción agrícola se utilizó el modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Jones, 2003), ampliamente aplicado en estudios de impacto climático en agricultura. Este modelo permite simular el crecimiento y rendimiento de cultivos considerando la interacción entre clima, suelo, manejo agrícola y características genéticas. La modelación se aplicó a cultivos estratégicos representativos de la seguridad alimentaria y la economía agrícola, particularmente papa, maíz y soya, bajo diferentes escenarios climáticos. Los resultados permiten estimar variaciones potenciales en el rendimiento, identificar zonas de mayor vulnerabilidad y evaluar riesgos productivos asociados al cambio climático.

Revisión y triangulación de información

El análisis se complementó con la revisión de literatura científica y documentos técnicos nacionales e internacionales, incluyendo informes del IPCC, FAO, Banco Mundial, comunicaciones nacionales de Bolivia, estudios sectoriales y artículos científicos revisados por pares.

La triangulación de información permitió contrastar los resultados de la modelación con evidencia existente, fortaleciendo la robustez del análisis y reduciendo incertidumbres.



Análisis territorial

El análisis territorial se estructuró considerando tres dimensiones principales:

Regiones agroecológicas: (1) Altiplano, (2) Valles interandinos, (3) Yungas, (4) Amazonía, (5) Chiquitanía, (6) Chaco, (7) Llanos orientales agrícolas.

Sistemas productivos: (1) Agricultura familiar campesina, (2) Agricultura empresarial, (3) Sistemas mixtos agropecuarios, (4) Sistemas forestales y de recolección.

Cultivos estratégicos: Seguridad alimentaria: (1) Papa, (2) Maíz, (3) Trigo, (4) Arroz, (5) Quinoa. Cultivos económicos: (1) Soya, (2) Caña de azúcar, (3) Café, (4) Cacao, (5) Castaña.

Regiones agroecológicas de Bolivia

Clasificaciones territoriales existentes

Bolivia presenta múltiples clasificaciones territoriales utilizadas para análisis climáticos y agrícolas, incluyendo ecorregiones, biomas, regiones fisiográficas y agroecorregiones. Estas clasificaciones responden a distintos enfoques metodológicos y objetivos analíticos, lo que explica las diferencias en el número y delimitación de regiones reportadas en la literatura.

Entre las clasificaciones más utilizadas se encuentran: Ecorregiones (Ibisch & Mérida, 2003), Biomas (MapBiomas Amazonía), Regiones fisiográficas (SENAMHI, MMAyA) y regiones agroecológicas (FAO, CIAT, estudios nacionales).

Estas clasificaciones, aunque conceptualmente distintas, presentan una alta convergencia espacial y permiten construir agrupaciones territoriales funcionales para el análisis climático agrícola.

Clasificación de ecorregiones de Bolivia

La clasificación de ecorregiones identifica aproximadamente 12 a 13 unidades ecológicas principales, incluyendo: (1) Andes altos, (2) Altiplano, (3) Valles interandinos, (4) Yungas, (5) Amazonía, (6) Chiquitanía, (7) Pantanal, (8) Chaco, (9) Bosques tucumano-bolivianos, (10) Llanos amazónicos, (11) Bosques secos interandinos, (12) Cerrado boliviano. Esta clasificación es ampliamente utilizada en estudios ecológicos y climáticos en Bolivia (Ibisch & Mérida, 2003; MMAyA, 2019).



Clasificación de biomas (MapBiomas)

Según MapBiomas, Bolivia puede agruparse en siete biomas principales: (1) Amazonía, (2) Chiquitanía, (3) Pantanal, (4) Chaco, (5) Tucumano-boliviano, (6) Valles, (7) Andes.

Esta clasificación presenta mayor simplicidad y es adecuada para análisis territoriales a escala nacional.

Definición de regiones agroecológicas del estudio

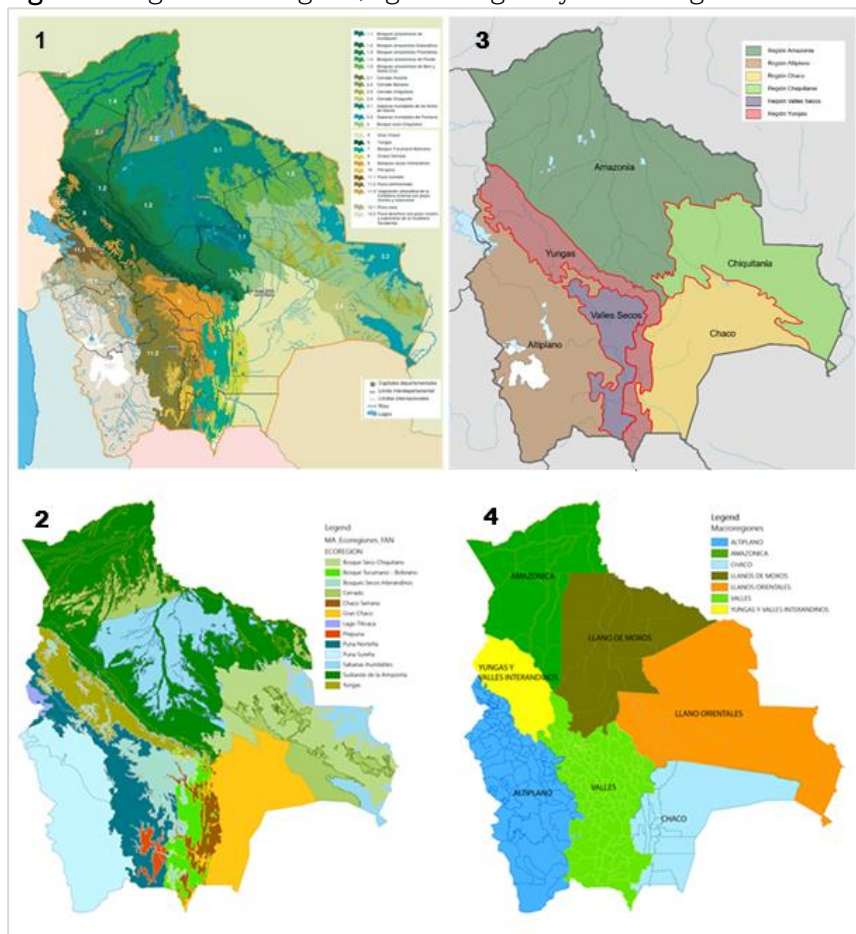
Se definieron siete regiones agroecológicas, integrando criterios climáticos, ecológicos y productivos.

Esta agrupación permite simplificar el análisis sin perder representatividad territorial. Las regiones agroecológicas definidas son: (1) Altiplano, (2) Valles interandinos, (3) Yungas, (4) Amazonía, (5) Chiquitanía, (6) Chaco, (7) Llanos orientales agrícolas.

Esta clasificación permite capturar las principales diferencias climáticas y productivas del país y es consistente con estudios previos de vulnerabilidad climática en Bolivia (FAO, 2021; CIAT, 2017; IPCC, 2022).



Figura 1. Regiones ecológicas, agroecológicas y macrorregiones de Bolivia utilizadas en el estudio



Nota: La figura integra cuatro clasificaciones territoriales complementarias utilizadas en el análisis. Los mapas 1 y 2 presentan regiones ecológicas, ecorregiones y unidades de paisaje de Bolivia, mientras que el mapa 3 muestra la delimitación de las principales regiones agroecológicas consideradas en el estudio: Altiplano, valles interandinos (valles secos), Yungas, Amazonía, Chiquitania, Chaco y llanos orientales agrícolas. El mapa 4 presenta la nueva zonificación de macrorregiones de Bolivia. Estas clasificaciones fueron utilizadas de manera complementaria para el análisis territorial de los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana. **Fuente:** Elaboración propia con base en Ibisch et al. (2003), MMAyA (2015) y MPDyMA (2026).

Los límites de las regiones fueron definidos mediante la integración de información de:

- Ecorregiones: unidades ecológicas nacionales con características biofísicas homogéneas.
- Altitud: gradientes altitudinales que condicionan temperatura y sistemas productivos.
- Clima: temperatura, precipitación y estacionalidad.
- Uso del suelo: cobertura agrícola, forestal y otros usos.

Sistemas productivos: distribución de agricultura familiar, mecanizada y sistemas mixtos.

Se utilizaron capas geográficas de precipitación, temperatura, altitud y cobertura vegetal para delimitar las regiones agroecológicas.

Cultivos estratégicos por región agroecológica

El análisis se centra en cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria y la economía agrícola de Bolivia.

Antes de presentar la tabla, se identificaron cultivos predominantes por región, considerando distribución geográfica, importancia económica y relevancia para la seguridad alimentaria.

Tabla 1. Cultivos estratégicos por región agroecológica

Región agroecológica	Cultivos principales
Altiplano	Papa, quinua, cebada
Valles interandinos	Maíz, trigo, papa
Yungas	Café, coca, frutas
Amazonía	Arroz, cacao, yuca
Chiquitanía	Soya, maíz, ganadería
Chaco	Maíz, maní, ganadería
Llanos orientales	Soya, caña de azúcar, arroz

Enfoque de análisis territorial

El análisis territorial del estudio se estructura a partir de la integración de las regiones agroecológicas, los cambios climáticos proyectados, los impactos en cultivos estratégicos y los efectos sobre los sistemas productivos, lo que permite evaluar de manera diferenciada los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana, considerando la heterogeneidad climática, ecológica y productiva del país.

Cambios climáticos observados y proyectados

Cambios climáticos observados en Bolivia

Bolivia ha experimentado cambios significativos en las variables climáticas durante las últimas décadas, particularmente en temperatura, precipitación y frecuencia de eventos extremos. Diversos estudios reportan un aumento sostenido de la temperatura media, acompañado por cambios en la distribución de las lluvias y mayor variabilidad climática (IPCC, 2021; SENAMHI, 2020; Tercera Comunicación Nacional, 2023).

El incremento de temperatura ha sido más pronunciado en regiones andinas y valles interandinos, mientras que en las tierras bajas se ha observado un aumento en la frecuencia de eventos extremos, incluyendo sequías e inundaciones. Asimismo, se ha registrado una mayor variabilidad interanual de la precipitación, afectando la producción agrícola y la disponibilidad de agua.



Estos cambios ya están generando impactos en la agricultura, particularmente en cultivos sensibles a variaciones climáticas como papa, maíz y soya.

Proyecciones climáticas futuras

Las proyecciones climáticas utilizadas en este estudio se basan en múltiples modelos climáticos globales y regionales, considerando distintos escenarios de emisiones. Los resultados muestran tendencias consistentes hacia el incremento de temperatura y cambios en los patrones de precipitación.

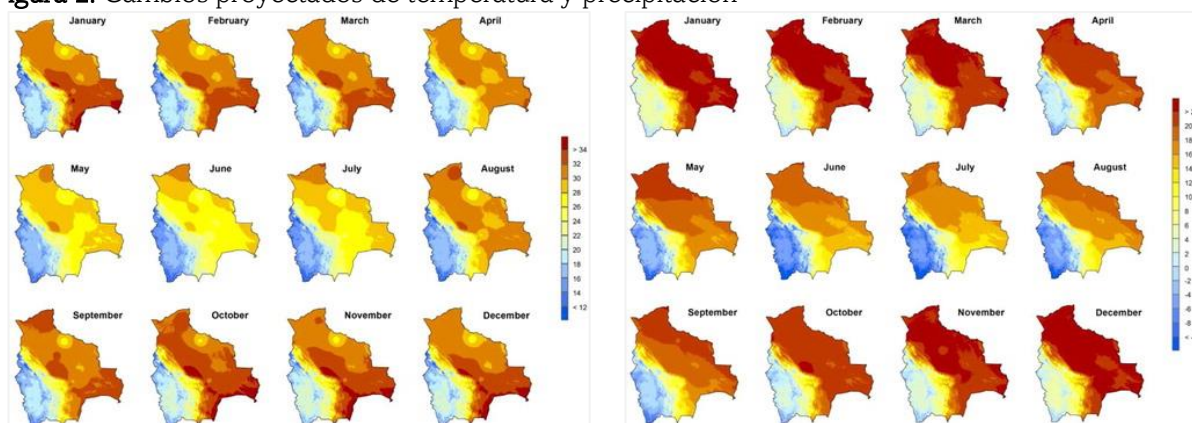
Las proyecciones indican:

- Incremento generalizado de temperatura en todo el país
- Cambios en la distribución estacional de las lluvias
- Mayor frecuencia de eventos extremos
- Incremento de sequías en regiones vulnerables

Cambios proyectados de temperatura

Los escenarios climáticos muestran incrementos de temperatura entre 1.5°C y 3.5°C hacia finales de siglo, con mayores aumentos en el Altiplano y los valles interandinos. Estos incrementos pueden afectar significativamente la productividad agrícola y la disponibilidad hídrica.

Figura 2. Cambios proyectados de temperatura y precipitación



Nota: La figura (a) Precipitación: presenta la distribución espacial de la precipitación media mensual en Bolivia, mostrando una fuerte variabilidad regional y estacional. Las mayores precipitaciones se concentran en la Amazonía y los Yungas, mientras que el Altiplano y el Chaco presentan condiciones más secas. Esta variabilidad climática influye directamente en la distribución de cultivos y la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas. Fuente: WorldClim v2.1, datos climáticos históricos (1970–2000).

Nota: La figura (b) Temperatura: muestra la distribución espacial de la temperatura media mensual en Bolivia. Se observa un marcado gradiente altitudinal, con temperaturas más bajas en el Altiplano y los Andes, y valores más elevados en las tierras bajas amazónicas, chaqueñas y chiquitanas. Estos patrones climáticos constituyen la base para el análisis de los impactos del cambio climático en los sistemas agrícolas del país. Fuente: WorldClim v2.1, datos climáticos históricos (1970–2000).



Cambios proyectados de precipitación

Las proyecciones de precipitación muestran patrones heterogéneos, con reducción de lluvias en algunas regiones y aumento en otras, así como mayor variabilidad climática. Estas tendencias generan incertidumbre en la producción agrícola y aumentan la vulnerabilidad del sector.

Cambios climáticos por región agroecológica

Los impactos climáticos proyectados presentan diferencias importantes entre regiones agroecológicas.

Tabla 2. Cambios climáticos proyectados por región agroecológica en Bolivia

Región agroecológica	Cambios de temperatura	Cambios de precipitación	Eventos extremos proyectados	Implicaciones agrícolas principales
Altiplano	Incremento alto (+2.0 a +4.0°C)	Tendencia a disminución y mayor variabilidad	Sequías, heladas, olas de calor	Reducción de rendimientos de papa y quinua, estrés hídrico
Valles interandinos	Incremento moderado-alto (+1.8 a +3.5°C)	Alta variabilidad estacional	Sequías, lluvias intensas	Cambios en calendarios agrícolas, riesgo para maíz y trigo
Yungas	Incremento moderado (+1.5 a +3.0°C)	Tendencia a incremento de lluvias	Inundaciones, deslizamientos	Riesgos para café, frutales y sistemas mixtos
Amazonía	Incremento moderado (+1.5 a +3.0°C)	Incremento con mayor variabilidad	Inundaciones, eventos extremos	Impactos en arroz, cacao y sistemas agroforestales
Chiquitanía	Incremento alto (+2.0 a +3.8°C)	Tendencia a reducción	Sequías, incendios forestales	Impactos en soya, maíz y ganadería
Chaco	Incremento alto (+2.5 a +4.0°C)	Reducción de precipitación	Sequías prolongadas	Alta vulnerabilidad de sistemas agrícolas y ganaderos
Llanos orientales agrícolas	Incremento moderado (+1.5 a +3.2°C)	Alta variabilidad	Inundaciones y sequías	Impactos en soya, caña de azúcar y arroz

Nota: Los cambios climáticos presentados corresponden a tendencias observadas y proyecciones derivadas de modelaciones climáticas regionales para Bolivia. Los rangos de temperatura y precipitación representan valores aproximados basados en escenarios climáticos utilizados en estudios nacionales e internacionales, incluyendo la Tercera Comunicación Nacional de Bolivia, escenarios del IPCC y análisis regionales de cambio climático. Los impactos agrícolas indicados son estimaciones generales basadas en la sensibilidad climática de los principales cultivos por región. **Fuente:** Elaboración propia con base en Torrico Albino (2021, 2026), IPCC (2021), SENAMHI (2020), Estado Plurinacional de Bolivia (2023), WorldClim y literatura científica regional.



Implicaciones para la agricultura

Los cambios climáticos proyectados tienen implicaciones directas para la agricultura boliviana. El aumento de temperatura puede afectar la fenología de los cultivos, reducir rendimientos y aumentar la evapotranspiración. Asimismo, la variabilidad de precipitación incrementa el riesgo de sequías e inundaciones.

Estos impactos son especialmente relevantes para cultivos estratégicos como papa, maíz y soya, que presentan sensibilidad a cambios de temperatura y disponibilidad hídrica.

El análisis de estos impactos se desarrolla en la siguiente sección, considerando la modelación de cultivos y los efectos diferenciados por región agroecológica.

Impactos del cambio climático en cultivos estratégicos

Resultados de modelación de cultivos

La evaluación de los impactos del cambio climático en cultivos estratégicos de Bolivia se realizó mediante modelación agroclimática utilizando el modelo DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), bajo escenarios climáticos de altas emisiones, particularmente el escenario RCP 8.5, considerado uno de los más utilizados para evaluar riesgos climáticos en el sector agrícola. Los resultados se basan principalmente en el análisis desarrollado por Torrico (2026), complementado con información climática regional y municipal.

Los resultados evidencian reducciones potenciales importantes en la producción agrícola nacional, particularmente en los cultivos de soya, papa y maíz, que representan una parte significativa de la producción agrícola del país.

Tabla 3. Pérdida potencial de producción por cambio climático en cultivos estratégicos

Cultivo	Pérdida potencial (TM)	Rango de pérdida (%)	Pérdida económica (USD)	Nivel de impacto
Soya	551.873	5 – 18 %	309.600.658	Medio-alto
Papa	72.754	7 – 22 %	41.480.590	Medio-alto
Maíz	107.956	6 – 20 %	73.086.478	Medio-alto

Fuente: Adaptado de Torrico (2019, 2026)



Los resultados muestran que la soya presenta la mayor pérdida potencial, debido a su alta concentración territorial y sensibilidad climática en regiones del oriente boliviano. El maíz y la papa también presentan reducciones importantes, particularmente en sistemas de agricultura familiar y producción dependiente de la lluvia.

Impactos por cultivo

El cultivo de soya presenta alta vulnerabilidad frente al aumento de temperatura y la variabilidad de precipitación, especialmente en la región oriental del país. Las proyecciones muestran pérdidas significativas en zonas productoras del departamento de Santa Cruz, donde se concentra la mayor parte de la producción nacional.

Los resultados indican que el incremento de temperatura y la variabilidad de lluvias podrían reducir significativamente el rendimiento, particularmente en sistemas de producción intensiva.

El cultivo de papa presenta alta sensibilidad al incremento de temperatura, especialmente en el Altiplano y los valles interandinos. La modelación muestra que el aumento de temperatura puede afectar los ciclos productivos, reducir rendimientos y aumentar la incidencia de plagas y enfermedades. Estos impactos son particularmente relevantes para la seguridad alimentaria nacional, debido a la importancia del cultivo de papa en la dieta de la población boliviana.

El cultivo de maíz presenta alta sensibilidad a la variabilidad de precipitación y al incremento de temperatura, particularmente en sistemas de producción de secano. Las proyecciones indican pérdidas potenciales importantes en diversas regiones productoras. Las pérdidas estimadas superan las 100.000 toneladas métricas a nivel nacional, lo que representa un impacto significativo en la producción agrícola.

Impactos del cambio climático en otros cultivos y sistemas productivos

Además de los cultivos modelados cuantitativamente, otros cultivos estratégicos y productos forestales presentan alta vulnerabilidad frente al cambio climático en Bolivia. Diversos estudios regionales indican que el aumento de temperatura, la variabilidad de precipitación y los eventos extremos podrían generar reducciones en los rendimientos agrícolas y afectar la productividad de sistemas forestales.



Aunque la información cuantitativa disponible es más limitada, existen estimaciones aproximadas que permiten identificar tendencias de impacto en distintos cultivos y regiones.

Tabla 4. Impactos potenciales del cambio climático en otros cultivos y sistemas productivos en Bolivia

Cultivo / Producto	Región principal	Impactos esperados	Reducción potencial (%)	Nivel de vulnerabilidad
Trigo	Altiplano y valles	Sequías y aumento de temperatura	10 – 25 %	Alto
Quinoa	Altiplano	Sequías, heladas y variabilidad climática	5 – 20 %	Alto
Arroz	Llanos orientales	Inundaciones y variabilidad de lluvias	5 – 15 %	Moderado-alto
Café	Yungas y Amazonía	Incremento de temperatura, plagas	10 – 30 %	Alto
Cacao	Amazonía	Cambios en precipitación y temperatura	5 – 20 %	Moderado
Caña de azúcar	Santa Cruz	Estrés hídrico y aumento de temperatura	5 – 15 %	Moderado
Sorgo	Chaco y llanos	Sequías prolongadas	10 – 25 %	Alto
Frutales andinos	Valles interandinos	Cambios en ciclos productivos	5 – 20 %	Moderado-alto
Castaña	Amazonía	Sequías, incendios, cambios en floración	10 – 30 %	Alto

Nota: Los rangos representan estimaciones aproximadas derivadas de estudios regionales y literatura científica sobre impactos del cambio climático en cultivos tropicales y andinos. Fuente: Con base en IPCC (2022), FAO (2021), CIAT (2017), Torrico (2021, 2026).

Implicaciones para la agricultura boliviana

Los resultados de la modelación agroclimática y la revisión de literatura científica muestran que el cambio climático podría generar impactos significativos en la producción agrícola de Bolivia, con reducciones potenciales en rendimientos que, dependiendo del cultivo y la región, podrían oscilar entre 5% y 30%. Estos impactos serían más pronunciados en sistemas productivos dependientes de la precipitación, que constituyen una parte importante de la agricultura nacional, y donde la variabilidad climática, el incremento de temperatura y la mayor frecuencia de eventos extremos podrían afectar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria (IPCC, 2022; FAO, 2021; CIAT, 2017; Torrico, 2026, Quezada, 2021).

Estos impactos serán más evidentes en regiones altamente vulnerables como el Altiplano, la Chiquitanía y el Chaco, donde se proyectan aumentos significativos de temperatura, mayor variabilidad de lluvias y mayor frecuencia de sequías. Asimismo, en regiones amazónicas y yungueñas, el



incremento de lluvias intensas y eventos extremos podría afectar la estabilidad de los sistemas productivos y la infraestructura agrícola.

En este contexto, los resultados evidencian la necesidad de fortalecer medidas de adaptación agrícola, incluyendo el desarrollo de variedades resistentes al estrés hídrico y térmico, mejoras en la gestión del agua, diversificación productiva, fortalecimiento de sistemas agroforestales y el desarrollo de prácticas agrícolas resilientes frente al cambio climático.

Además, los impactos proyectados presentan implicaciones diferenciadas para la seguridad alimentaria nacional. Cultivos básicos de consumo interno, como papa, maíz, trigo y quinua, muestran alta sensibilidad a la variabilidad climática, lo que podría afectar la disponibilidad de alimentos y la estabilidad productiva en regiones rurales. En contraste, cultivos de orientación comercial o de exportación, como soya, café, cacao y castaña, podrían generar impactos principalmente en ingresos rurales y economía agrícola, más que en la disponibilidad directa de alimentos. Esta diferenciación refuerza la necesidad de diseñar estrategias de adaptación específicas según el rol productivo y alimentario de cada cultivo.

Emisiones de gases de efecto invernadero del sector agrícola y su relación con los impactos productivos

El sector agrícola representa aproximadamente 22% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de Bolivia, considerando las emisiones directas del subsector agricultura, principalmente metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), provenientes de la ganadería, suelos agrícolas y manejo de residuos (Estado Plurinacional de Bolivia, 2024).

El sector agrícola de Bolivia registró 24.226,78 kt CO_2 -eq en 2022, frente a 17.486,34 kt CO_2 -eq en 2010, lo que equivale a un incremento de 38,5% en doce años. La mayor parte de estas emisiones corresponde a CH_4 , con 21.356,27 kt CO_2 -eq en 2022, mientras que el N_2O alcanzó 2.870,51 kt CO_2 -eq; ambos gases muestran una tendencia creciente en la serie 1990–2022.

En términos estructurales, el inventario nacional muestra que el sector agrícola domina las emisiones nacionales de metano y óxido nitroso. En 2022, la agricultura aportó 76,9% del CH_4 nacional y 61,5%



del N₂O nacional, confirmando que su peso climático no se limita a la seguridad alimentaria o al uso del suelo, sino también a la dinámica de emisiones directas del sistema productivo.

Las principales fuentes de emisión del sector agrícola corresponden a fermentación entérica, gestión del estiércol, suelos agrícolas, cultivo de arroz y quema de residuos agrícolas. El 1BTR señala que para la estimación del inventario agrícola se aplicó Nivel 2 del IPCC para fermentación entérica y Nivel 1 para el resto de las categorías, con base en Directrices IPCC 2006. La fermentación entérica constituye la fuente dominante, asociada al crecimiento del hato ganadero, particularmente bovino, mientras que el N₂O proviene principalmente de suelos agrícolas, quemas de sabanas y residuos de cultivos.

Tabla 5. Emisiones del sector agrícola en Bolivia y principales fuentes de GEI

Indicador	Valor
Emisiones totales del sector agrícola, 2010 (kt CO ₂ -eq)	17.486,34
Emisiones totales del sector agrícola, 2022 (kt CO ₂ -eq)	24.226,78
Incremento 2010–2022	38,5%
CH ₄ del sector agrícola, 2022 (kt CO ₂ -eq)	21.356,27
N ₂ O del sector agrícola, 2022 (kt CO ₂ -eq)	2.870,51
Participación de la agricultura en el CH ₄ nacional, 2022	76,9%
Participación de la agricultura en el N ₂ O nacional, 2022	61,5%

Fuente: Elaboración propia con base en 1BTR Bolivia 2024.

La relación con los resultados del punto anterior es directa. Los cultivos modelados bajo DSSAT muestran pérdidas potenciales relevantes, 551.873 TM en soya, 72.754 TM en papa y 107.956 TM en maíz, equivalentes a USD 309,6 millones, USD 41,5 millones y USD 73,1 millones, respectivamente, bajo escenario RCP 8.5. Esto implica que la agricultura boliviana no solo emite, sino que también está siendo crecientemente afectada por el mismo cambio climático al que contribuye, aunque de manera diferenciada según sistema y región.

Desde una perspectiva analítica, esta doble condición refuerza la necesidad de estrategias que articulen adaptación y mitigación. En sistemas agrícolas vulnerables, mejorar rendimientos, manejo hídrico, fertilización, manejo de suelos, manejo de estiércol y sistemas silvopastoriles no solo reduce pérdidas



productivas, sino que puede disminuir emisiones por unidad producida. Esto es especialmente importante en un contexto en el que la agricultura boliviana continúa siendo mayoritariamente de secano, con alta exposición a sequías, heladas, inundaciones y variabilidad interanual.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que la agricultura boliviana presenta una alta vulnerabilidad frente al cambio climático, caracterizada por incrementos sostenidos de temperatura, mayor variabilidad de precipitación y aumento en la frecuencia de eventos extremos. Estas tendencias coinciden con la literatura científica regional e internacional, que identifica a América Latina como una de las regiones agrícolas más sensibles al cambio climático, especialmente en sistemas productivos dependientes de la precipitación (IPCC, 2022).

En Bolivia, las proyecciones muestran incrementos de temperatura de hasta 4,5 °C hacia finales de siglo bajo escenarios de altas emisiones, acompañados por cambios significativos en los patrones de precipitación y mayor ocurrencia de sequías e inundaciones. Estos resultados son consistentes con estudios previos que reportan un aumento sostenido de temperatura y mayor variabilidad climática en distintas regiones del país (Torrice, 2026; IPCC, 2022).

Los impactos proyectados sobre cultivos estratégicos como soya, papa y maíz evidencian una alta sensibilidad del sector agrícola frente al cambio climático. Asimismo, cultivos andinos como papa y quinua presentan elevada vulnerabilidad al incremento de temperatura y cambios en los ciclos climáticos, lo que podría modificar su productividad y distribución geográfica. Estos resultados coinciden con estudios que reportan reducciones de rendimiento agrícola en regiones tropicales y andinas bajo escenarios de calentamiento global (FAO, 2021; IPCC, 2022).

La vulnerabilidad climática presenta además diferencias territoriales y productivas importantes. El Altiplano y los valles interandinos muestran mayor exposición a sequías y déficit hídrico, mientras que la Amazonía y los Yungas presentan mayor riesgo de inundaciones y eventos extremos. Asimismo, la agricultura familiar campesina presenta mayor vulnerabilidad debido a su dependencia de la precipitación, limitada infraestructura y menor capacidad de inversión, en contraste con la agricultura



empresarial, que dispone de mayores niveles de mecanización y acceso tecnológico, aunque también enfrenta riesgos relevantes por la concentración territorial de cultivos como la soya.

El estudio también evidencia que la agricultura boliviana enfrenta una doble condición frente al cambio climático: alta vulnerabilidad productiva y una contribución significativa a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero. El sector agrícola aporta aproximadamente 22% de las emisiones nacionales, principalmente por metano y óxido nitroso asociados a la ganadería y los suelos agrícolas (Estado Plurinacional de Bolivia, 2024). Esta situación refuerza la necesidad de promover estrategias integradas de adaptación y mitigación, incluyendo sistemas agrícolas resilientes, gestión eficiente del agua, prácticas agroecológicas y fortalecimiento de sistemas agroforestales.

CONCLUSIONES

El análisis desarrollado en este estudio evidencia que la agricultura boliviana enfrenta una alta vulnerabilidad frente al cambio climático, caracterizada por incrementos sostenidos de temperatura, mayor variabilidad de precipitación y una creciente frecuencia de eventos extremos. Estas tendencias, consistentes con la literatura científica internacional y regional, muestran impactos diferenciados en las distintas regiones agroecológicas del país, afectando de manera directa la productividad agrícola, los medios de vida rurales y la seguridad alimentaria (IPCC, 2022; FAO, 2021; Torrico, 2026).

Los resultados de la modelación agroclimática indican pérdidas potenciales significativas en cultivos estratégicos como soya, papa y maíz, con reducciones estimadas que, dependiendo del cultivo y la región, podrían oscilar entre aproximadamente 5% y 20%. Asimismo, otros cultivos y sistemas productivos relevantes, como trigo, quinua, café, cacao y castaña, presentan alta vulnerabilidad frente a cambios en temperatura, precipitación y eventos extremos. Estos resultados confirman que el cambio climático podría afectar tanto la producción agrícola comercial como la agricultura familiar y los sistemas forestales asociados a medios de vida rurales.

La vulnerabilidad agrícola presenta además un carácter territorial diferenciado. Las regiones del Altiplano y los valles interandinos muestran mayor exposición a sequías, heladas y déficit hídrico, mientras que la Amazonía, los Yungas y los llanos orientales enfrentan mayor variabilidad climática,



inundaciones y eventos extremos. Esta heterogeneidad territorial refuerza la necesidad de diseñar estrategias de adaptación específicas por región agroecológica y por sistema productivo.

El estudio también confirma que la agricultura boliviana enfrenta una doble condición frente al cambio climático. Por un lado, el sector es altamente vulnerable a sus impactos, y por otro, representa aproximadamente el 22% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero, principalmente a través de emisiones de metano y óxido nitroso asociadas a la ganadería y los suelos agrícolas. Esta doble condición resalta la importancia de integrar estrategias de adaptación y mitigación en el sector agrícola, promoviendo sistemas productivos resilientes y sostenibles (Estado Plurinacional de Bolivia, 2024).

Los resultados también evidencian que los impactos del cambio climático presentan diferencias entre sistemas productivos y cultivos estratégicos. La agricultura familiar, orientada principalmente a la seguridad alimentaria, presenta mayor vulnerabilidad climática, mientras que los cultivos comerciales e industriales podrían enfrentar impactos económicos más concentrados, pero de gran magnitud territorial. Esta diferenciación resalta la necesidad de estrategias de adaptación específicas que consideren simultáneamente la seguridad alimentaria, la sostenibilidad económica y la resiliencia regional del sector agrícola.

Asimismo, los resultados del estudio responden a las preguntas planteadas en la introducción, confirmando que los impactos del cambio climático en la agricultura boliviana serán diferenciados según regiones agroecológicas, cultivos y sistemas productivos. Las regiones de secano y los sistemas agrícolas más sensibles a la variabilidad climática presentan mayor vulnerabilidad, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la resiliencia agrícola mediante medidas de adaptación específicas.

Este estudio aporta una visión integrada del cambio climático y la agricultura en Bolivia, combinando regionalización agroecológica, proyecciones climáticas y modelación de cultivos estratégicos. Este enfoque permite identificar prioridades territoriales y sectoriales para la adaptación climática, fortalecer la planificación agrícola y contribuir a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad del sector agrícola en el país.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEPAL. (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/69031-la-economia-cambio-climatico-america-latina-caribe-2023-necesidades>
- CEPAL. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/68d30fbe-9c44-4848-867f-59bbdec62992/content>
- CIPCA. (2021). Contribución de la Agricultura Familiar Campesina Indígena a la producción y consumo de alimentos en Bolivia. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Disponible en: https://www.iisec.ucb.edu.bo/assets_iisec/publicacion/Cuaderno_de_Investigacion_91_-_WEB.pdf
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2015). Cuarto informe nacional sobre diversidad biológica de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/world/bo/bo-nr-04-es.pdf>
- FAO. (2017). Climate change and food security: Risks and responses. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2018). Climate change and food security: Risks and responses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/I9553EN/i9553en.pdf>
- FAO. (2019). Climate-smart agriculture sourcebook. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook>
- FAO. (2021). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4476en>



FAO, OMS & UNICEF. (2022). The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. FAO.

Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/67b1e9c7-1a7f-4dc6-a19e-f6472a4ea83a/content>

Germanwatch. (2021). Global Climate Risk Index 2021: Who suffers most from extreme weather events?

Germanwatch. <https://www.germanwatch.org>

Guariguata, M. R., Cronkleton, P., Duchelle, A. E., & Zuidema, P. A. (2017). Forests and climate change mitigation: The role of forest-based livelihoods. *Forest Policy and Economics*, 80, 1–6.

<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.09.013>

Hijmans, R. J. (2003). The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*, 80(4), 271–279. <https://doi.org/10.1007/BF02855363>

Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691–19696.

Disponible

en

:

https://www.researchgate.net/publication/5771975_Adapting_Agriculture_to_Climate_Change
[e](https://www.researchgate.net/publication/5771975_Adapting_Agriculture_to_Climate_Change)

Ibisch, P. L., & Mérida, G. (Eds.). (2003). Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible, FAN, ZMA y KfW.

IFAD. (2021). Rural development report 2021: Transforming food systems for rural prosperity. International Fund for Agricultural Development. <https://www.ifad.org>

IICA. (2020). Agricultura y cambio climático en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://www.iica.int>

IPCC. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., Singh, U., Gijsman, A. J., & Ritchie, J. T. (2003). The DSSAT cropping system model. *European Journal of*



Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2008).

Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319, 607–610.

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18239122/>

MDRyT. (2022). Informe institucional 2022. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

Mearns, L. O., Mavromatis, T., Tsvetsinskaya, E., Hays, C., & Easterling, W. (1999). Comparative responses of EPIC and CERES crop models to climate change scenarios. *Journal of Geophysical Research*, 104(D6), 6623–6646.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua & Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra. (2022). Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia 2021–2030. APMT.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2024). Primer Informe Bienal de Transparencia de Bolivia 2020–2022. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia.

MMAyA - Estado Plurinacional de Bolivia. (2015). Cuarto informe nacional sobre diversidad biológica de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). <https://www.cbd.int/doc/world/bo/bo-nr-04-es.pdf>

MPDyMA (2026). Memoria Técnica de Macrorregiones de Bolivia. MPDyMA. 2026.

OECD. (2014). Climate change, water and agriculture: Towards resilient agricultural and water systems. OECD.

Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D. B., & Travasso, M. I. (2014). Food security and food production systems. En C. B. Field et al. (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects* (pp. 485–533). Cambridge University Press.

Quezada, C. (2021). Adaptación al cambio climático en sistemas agrícolas basados en papa del altiplano boliviano. IISEC-UCB.



- Torrigo Albino, J. C. (2014). Desarrollo rural y agroalimentario en Bolivia. Berlin: E-Publi. Disponible en: <https://backrepor.observatorioagro.gob.bo/server/api/core/bitstreams/7950a06e-d33d-4a77-b3ee-0e8ddd83a09d/content>
- Torrigo Albino, J. C. (2018). Vulnerabilidad y adaptación del cultivo de papa al cambio climático en Bolivia. *CienciaAgro*, 8(1), 1–14. Disponible en: http://revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v8n1/v8n1_a01.pdf
- Torrigo Albino, J. C. (2021). Escenarios climáticos para Bolivia. *Análisis Agrario*, 21(1). Disponible en: <https://www.institutoagrario.org/2021-1-escenarios-climaticos-bolivia>
- Torrigo Albino, J. C. (2026). Cambio climático en Bolivia: Impactos, riesgos y respuestas de política pública para la sostenibilidad y resiliencia climática. E-Publi.
- Tubiello, F. N., Soussana, J. F., & Howden, S. M. (2007). Crop and pasture response to climate change. *PNAS*, 104, 19686–19690.
- World Bank. (2021). Climate change knowledge portal: Bolivia. World Bank. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>
- World Bank. (2021). Climate Risk Country Profile: Bolivia. World Bank.
- Zuidema, P. A., & Boot, R. G. A. (2002). Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: Impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology*, 18(1), 1–31. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002018>

